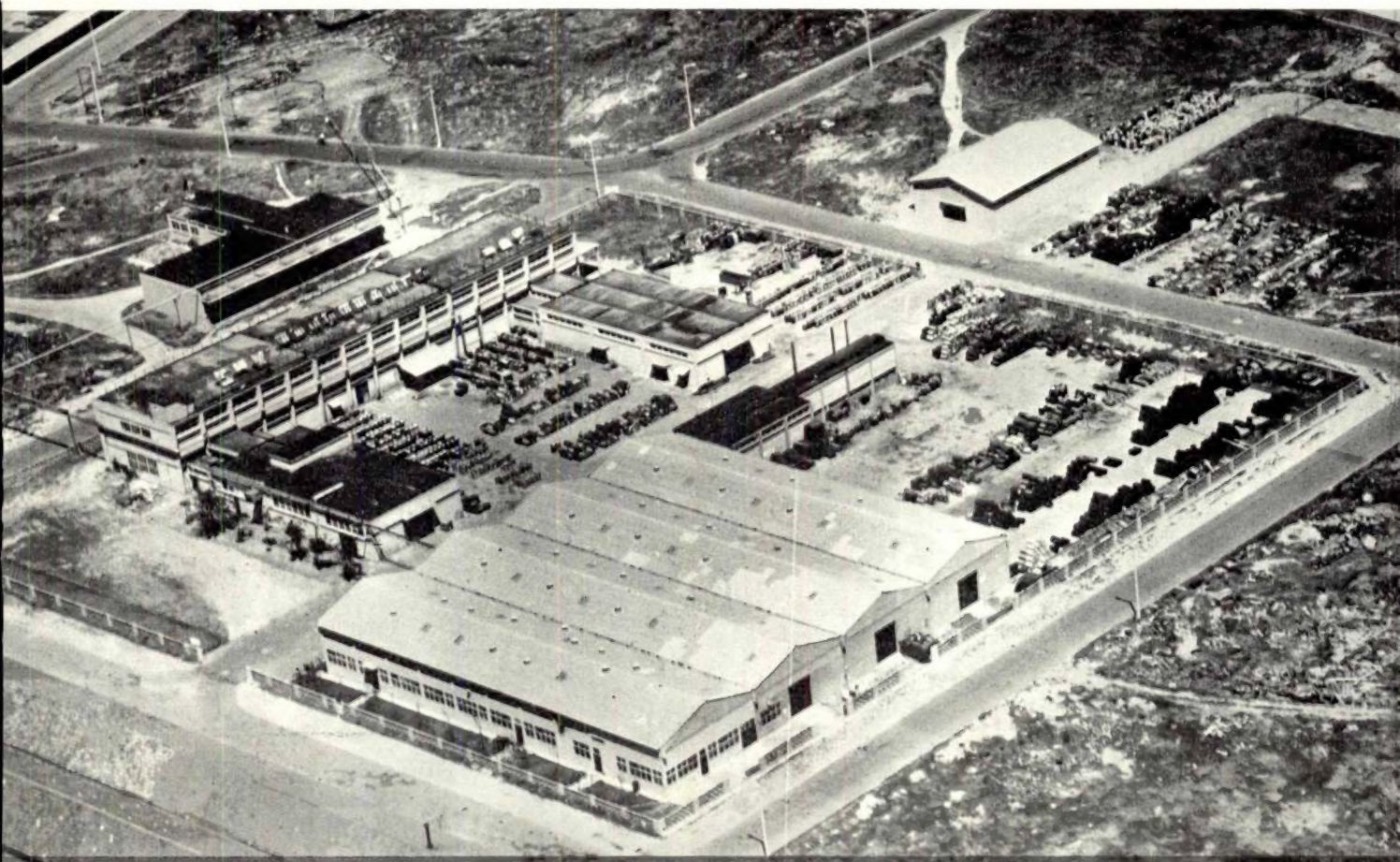
técnica



387

associação dos estudantes do instituto superior técnico

abril 1969

revista de engenharia

HELIAÇO

VARÕES DE AÇO DE ALTA RESISTÊNCIA PARA BETÃO ARMADO TIPO A. 40
(«Heliaço» e «SNT 40»)

TENSÕES DE SEGURANÇA
Ra = 2400 kg/cm²
e
Ra = 4000 kg/cm² (SISMOS)

Literatura e Tabelas de Cálculo fornecidas gratuitamente

HELIAÇO, LDA.

R. DE S. JULIÃO, 41, 4.º D. — LISBOA

Tel.: 36 78 17 - 32 37 06 - 36 94 77

Fenner

REDUTORES DE VELOCIDADE
TIPO «PONTA DE VEIO»

mais de cem anos de progresso dos maiores fabricantes ingleses

REPRESENTANTES EXCLUSIVOS:
AUTO-LUSITANIA
ALFREDO DUARTE L.da
AV. DA LIBERDADE 73-77 LISBOA

7.000 obras realizadas

coberturas
perfis especiais
vigas pré-esforçadas
pavimento trief
protecção de segurança

materiais novobra

pavimentos
em betão pré-esforçado
(homologados pelo Lab. Nac. de Engenharia Civil)

SOCIEDADE DE PRÉ-FABRICAÇÃO E OBRAS GERAIS NOVOBRA, LDA.
AV. EST. UNIDOS DA AMÉRICA, 100 - 5.º D.º - TEL. 774832 / 771603 - LISBOA 5

CIMENTO SECIL

SECIL

Fábrica:
Outão — Setúbal
Telef. 228824/5

Escritório:
R. do Comércio, 56-3.º
LISBOA 2
Telef. 328201/2/3

técnica

NÚMERO 387 — ABRIL DE 1969 — ANO XLIV — VOLUME XXXI — PUBLICAÇÃO MENSAL

Corpo Redactorial

João M. Pereira
João Soares Alves
Rui Coutinho Torrinha
Silvério de Sousa Mendes

Editor e Proprietário

Associação dos Estudantes do Instituto Superior Técnico

Redacção e Administração

Avenida Rovisco Pais
Telefone 77 54 49
Lisboa 1

Assinaturas

		5 N.os	10 N.os
Continente e Ilhas	—	70$00	130$00
Ultramar, Brasil e Espanha	—	80$00	140$00
Estrangeiro	—	90$00	150$00

Número avulso — 20$00

Não se publica em Agosto e Setembro.

Os artigos assinados são da exclusiva responsabilidade dos seus autores.

Composto e impresso na Tipografia Jorge Fernandes, Lda. — Rua da Cruz dos Poiais 103 — Lisboa

SUMÁRIO

339 *VASCO COSTA* — **O engenheiro perante a evolução rápida da Técnica.**

Engineers and quick technological evolution.

345 *CLAUDE HUMBERT* — **Determination graphique des caracteristiques de fonctionnement du moteur a repulsion.**

Graphical determination of the working caracteristics of the repulsion motor.

353 *VEIGA DA CUNHA* — **Evolução e posição actual dos conceitos sobre transporte sólido em escoamentos com superfície livre.**

Evolution and nowadays conceptions on sediment transportation in open-channel flow.

365 *BRAZÃO FARINHA* — **Planificação de obras.**

Planning of works.

383 *R. D. GILLARD* — **Some topics in biological inorganic chemistry.**

Alguns tópicos sobre bioquímica inorgânica.

364-394 **Notas informativas.**

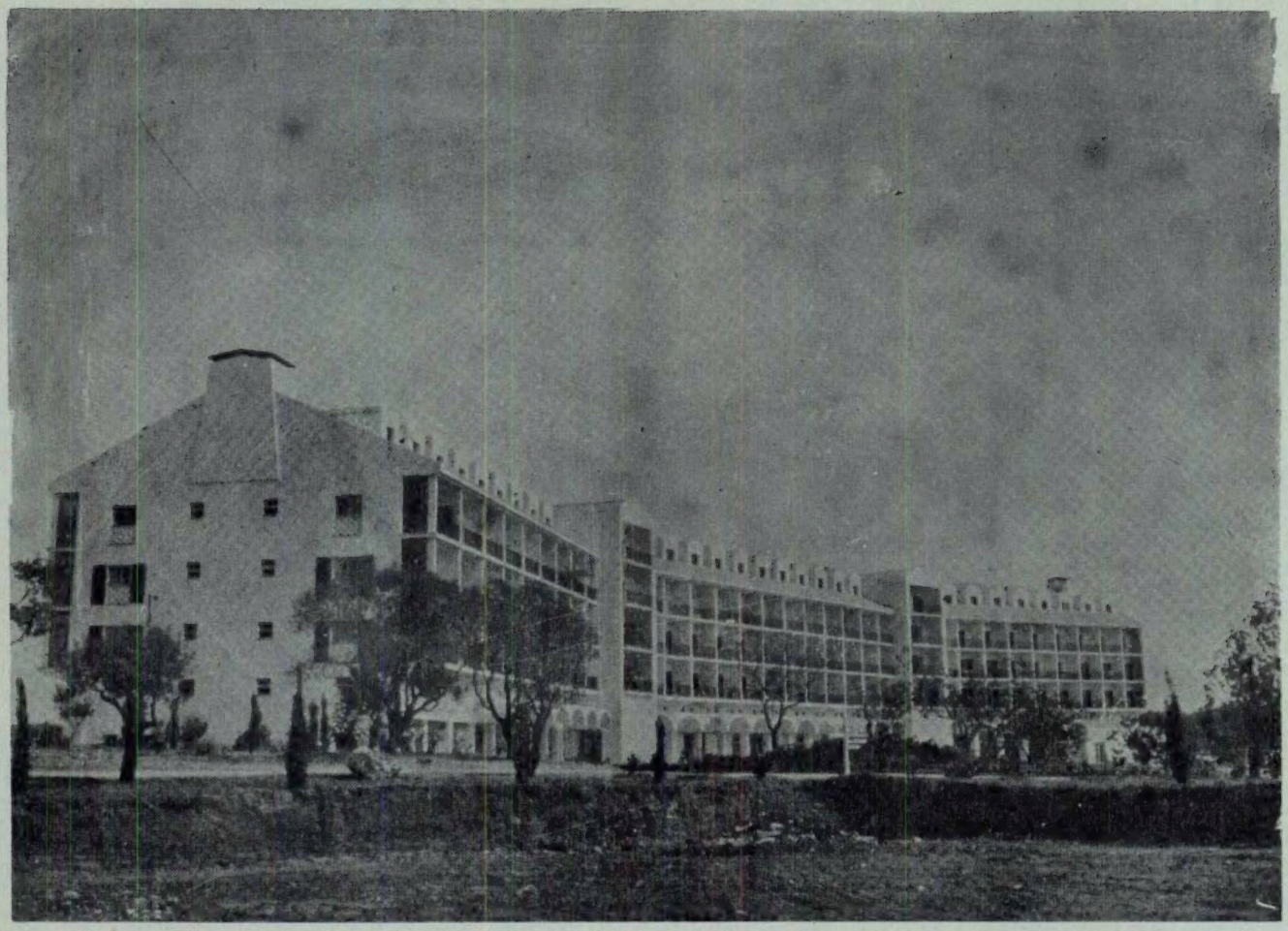
Elementos sobre a produção e o consumo de energia na rede eléctrica nacional.

395 **Bibliografia**

CAPA: Soc. Fabril de Tintas de Construção — TINCO, S.A.R.L. — Fábrica do Barreiro — Vista Aérea.

ÍNDICE ALFABETICO DOS ANUNCIANTES

	Pág.
A. Johnson & Co (Portugal), Ltd.	XXIX
Aguiar & Melo	XXVIII
Asea Eléctrica	V
Auto-Lusitâna	2.ª da capa
Centro Técnico Hospitalar	XXIV
Cimento Secil	2.ª da capa
Companhia de Cimentos Brancos	VI
Construções Técnicas	XVII
Dial	XXI
Durán, Garcia & Ca.	XXXI
Electro-Arco, Lda.	II
Empresa de Cimentos de Leiria	XXXII
Empresa Electro Cerâmica	XXVII
Empresa de Produtos Asfálticos	X
Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Lda.	3.ª da capa
Empresa Técnica de Equipamentos Eléctricos	XI
Empresa Ultramarina de Sondagens e Fundações	XVI
Fábrica Portugal	XXII
Fanafel	XVI
Fundações Franki, Lda.	I
Guedes & Almeida, Lda.	VIII e XX
Harker Sumner	XXV
Heliaço	2.ª da capa
Hidrel	XXVI
INA	VII
Isoluz	XXVI
I. S. T.	XXVII
Jayme da Costa, Lda.	XIX
Johann Keller	V
J. F. Azevedo e Silva	IV
J. J. Silva & Irmão	V
J. Roma	VII
Kendal & Pinto Bastos	XX
MAGUE	XIII
Mendes de Almeida, S A.R.L.	XXIII
Novobra, Lda.	2.ª da capa
Nucleon	XXVI
Prisma	XXI
Siemens	XV
Soc. Const. Amadeu Gaudêncio	XXVII
Soc. Brown Boveri	4.ª da capa
Soc. Michaelis de Vasconcelos	XII
Sociedade Portuguesa Cavan	VI
Somague	XXXII
Sondagens e Fundações A. Cavaco	II
Sondagens Ródio, Lda.	VII
Sopecate	II
SPESA	XIV
Standard Eléctrica	IX
TUDOR	XXI
Wild Portugal, Lda.	III



HOTEL DO GOLFE DA PENINA - ALVOR

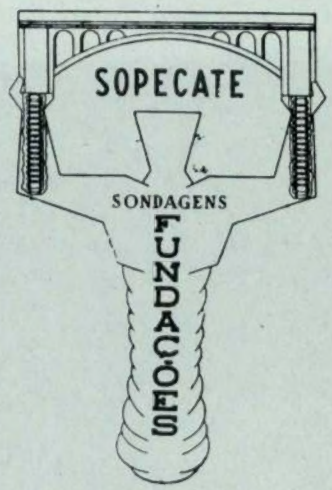
Assente sobre Estacas FRANKI

FUNDAÇÕES FRANKI L.DA

RUA BRAAMCAMP, 13-3.º — LISBOA 1 — TEL. P. P. C. 53 41 12/3/4 — ENDEREÇO TELEGRÁFICO: FRANKI — LISBOA

PRÉDIO SANTOS GIL, 6.º ANDAR — SALA 10 — TEL. 9 11 67 — CAIXA POSTAL 1397

ENDEREÇO TELEGRÁFICO: FRANKI—LOURENÇO MARQUES



sopecate

sondagens - fundações

ESCRITÓRIO: RUA DO ARSENAL 146 2.º TELEFONES 3 40 10 - 32 02 08 LISBOA

• ESTUDOS, PESQUISAS E CAPTAÇÕES DE ÁGUA

• SONDAGENS

• REBAIXAMENTO DE NÍVEIS AQUÍFEROS

• FUNDAÇÕES

SONDAGENS E FUNDAÇÕES A. CAVACO, LDA.

R. RODRIGO DA FONSECA, 62, R/C ESQ. — LISBOA - 1
- TELEF. 56 11 71/72/73

ELECTRO-ARCO, L.DA

ELÉCTRODOS ✦ POSTOS ✦ ACESSÓRIOS
PARA A SOLDADURA ELÉCTRICA

*

MATERIAL APROVADO PELOS
LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING
BUREAU VERITAS
GERMANISCHER LLOYD

—

LISBOA
Rua Silva Carvalho, 239
Tels. 68 36 49 - 68 48 93

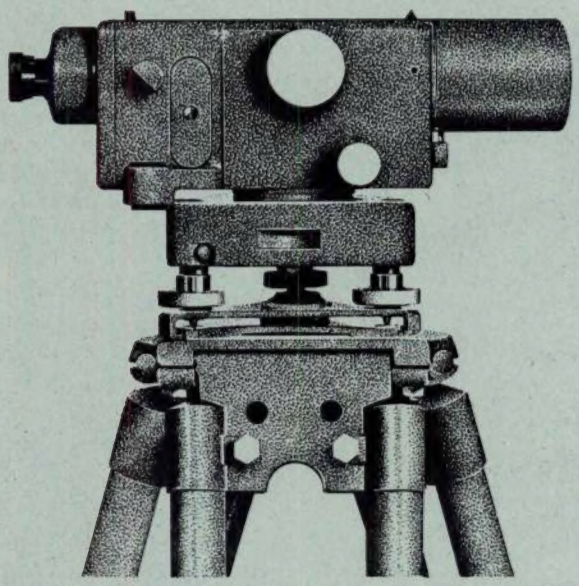
FÁBRICA E LABORATÓRIOS
Venda Nova — Amadora
Tels. 97 06 13 - 97 17 33

PORTO
Rua do Bolhão, 216
Tel. 2 12 77 - 39 44 73

O novo Nível automático de engenheiro

WILD NAK 2

com círculo horizontal



WILD
HEERBRUGG

Para nivelamentos de média e grande precisão; com micrómetro de lâmina de faces plano-paralelas para nivelamentos de grande precisão.

Erro médio para 1 Km de nivelamento duplo: ± 1,5 mm

Erro médio para 1 Km de nivelamento duplo com micrómetro: ± 0,4 mm

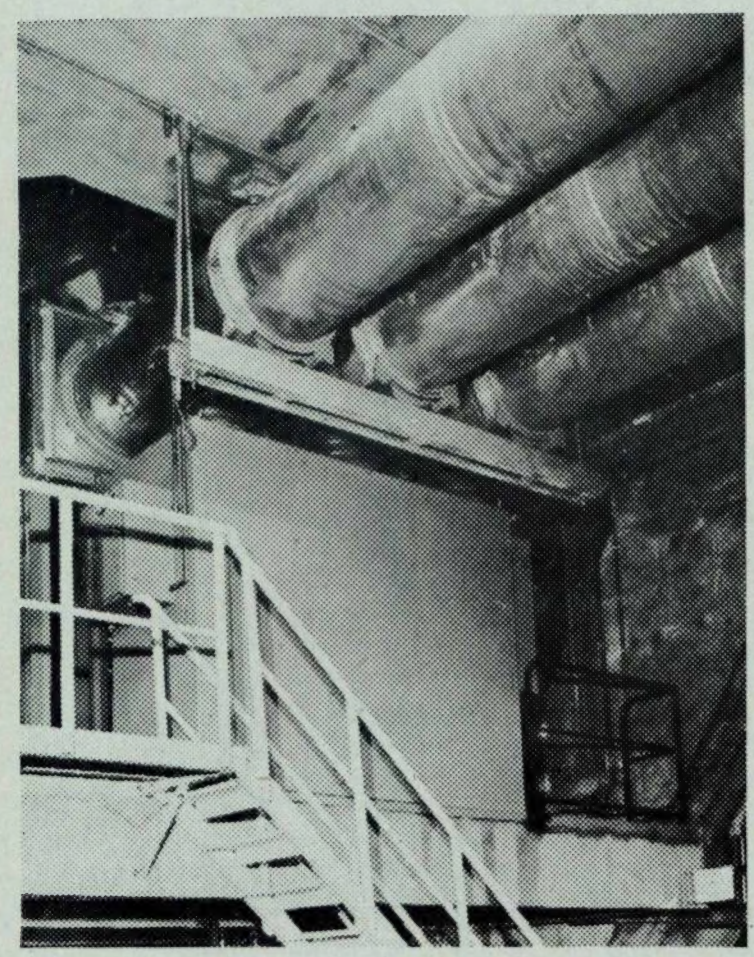
Luneta de 30 × de aumento com imagem direita de observação

Solicitem catálogo ou demonstração aos representantes exclusivos

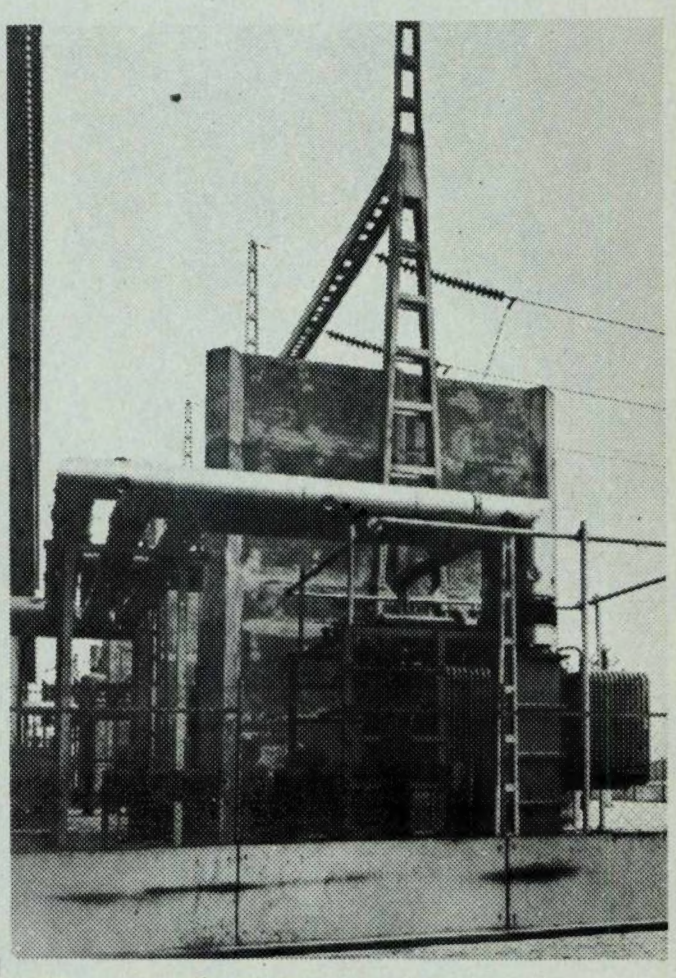
WILD PORTUGAL, LDA.

PRAÇA DAS ÁGUAS LIVRES, 8
LISBOA-2 — TELEFONE 68 91 12

Fornecimentos JF para TERMEL



Células de neutro e de potencial 6 Kv
com gavetas extraíveis,
projectadas por SIMEL
e fabricadas por
J.F. de Azevedo e Silva & C.ª L.da



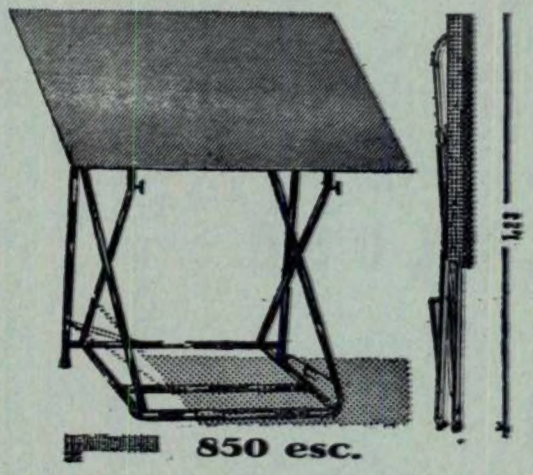
Jogo de barramentos 6 Kv
de ligação dos grupos geradores
aos transformadores,
com bainhas coaxiais projectados e
fabricados por SIMEL
e montados pela INEL.

Instalados na Central Térmica do Carregado

JF

J. F. DE AZEVEDO E SILVA & C.ª, L.DA

Rua S. Francisco de Sales, 2 1.º andar, Tel. 654165 — Lisboa



850 esc.

CARACTERÍSTICAS: Tubo de aço, articulado em qualquer posição, vários inclinações, fàcilmente transportável, não ocupa espaço quando fechado, prancheta de 1,20 × 0,80 de madeira, em tela. Pintura de estufa.

Em exposição, outros modelos de madeira e metálicos e toda o material de consumo e equipamento de desenho, escritório e papelaria

Distribuidores exclusivos, em Lisboa, do estirador da ***Fábrica Olaio***

J. J. SILVA & IRMÃO, LDA.

rua silva carvalho 232-b - lisboa - telefone 652750 / 680671

O EMPREGO DO CIMENTO BRANCO...

permite acabamentos mais perfeitos, mais duradouros e muito mais económicos

Estude a vantagem do emprego do

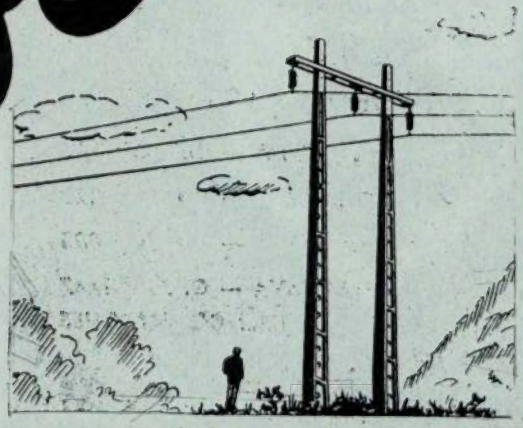
CIMENTO BRANCO LUSO

Consulte os distribuidores gerais

No Sul: **SCIAL** — T. do Corpo Santo, 15 — Telef. 66 61 86 — Lisboa
No Norte: **SCIAL** — R. do Bonjardim, 205 — Telef. 2 5779 — Porto

POSTES DE BETÃO PARA LINHAS ELÉCTRICAS
MOSAICOS E AZULEJOS
COLUNAS PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA
MANILHAS PARA ESGOTOS

SOCIEDADE PORTUGUESA **Carvam**



RUA D. ESTEFÂNIA, 94-A-LISBOA-1 - TELEF. 47812-50129

• SOLDADURA ELÉCTRICA

• MATERIAL DE PROTECÇÃO

Aparelhagem de medidas eléctricas

- indicadora
- reguladora
- registadora

J. ROMA, L.DA

P. da Figueira, 12, 1.º — LISBOA Tel. 865151

P. do Município, 309-6.º S 3 — PORTO Tel. 0236732

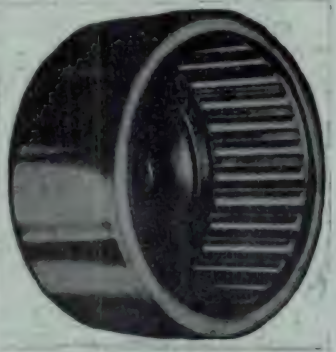
Rolamentos de Agulhas

SCHAEFFLER, L.DA

Rua Sá da Bandeira, 790 — Telefones: 21157/8/9 — PORTO

AV. Ant. Aug. de Aguiar, 148-D — Telefone - 56 14 89 — LISBOA

CASQUILHOS DE AGULHAS INA, COM FUNDO, SEM OU COM VEDANTE



São rolamentos de agulhas repuxados de espaço radial mínimo e com fundo fechado. Diâmetros de veio de 4 a 50 mm conforme tipos de catálogo. Este rolamento fixa axialmente os veios eliminando freios e substitue tampões.

WABCO

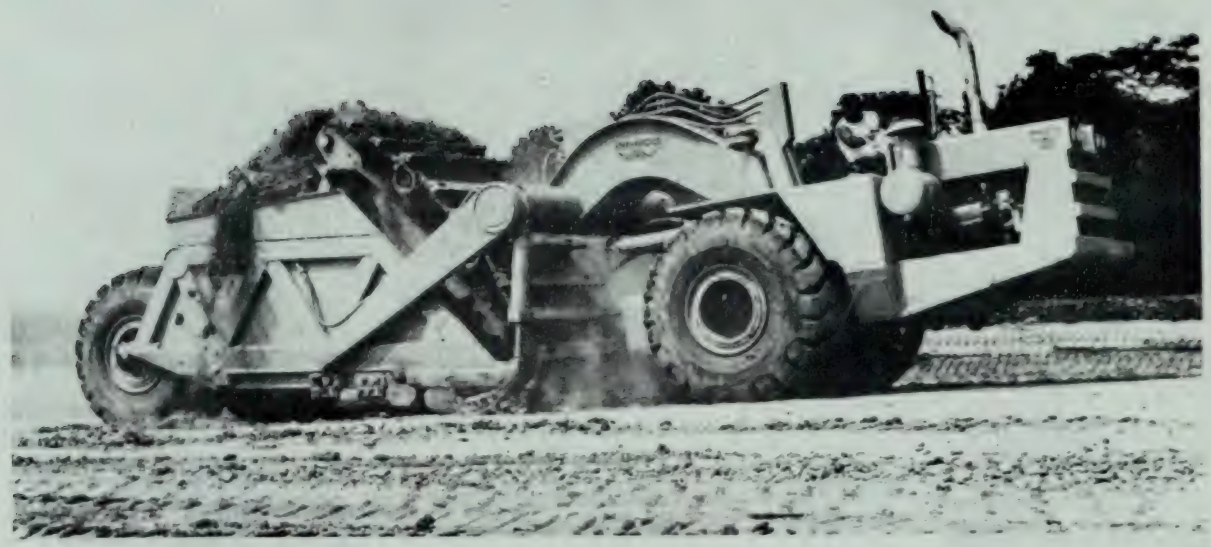
WESTINGHOUSE
AIR BRAKE COMPANY
CONSTRUCTION EQUIPMENT DIVISION
PEORIA, ILLINOIS, U.S.A.

MOTO-SCRAPERS AUTO-CARREGADORES

CAPACIDADE DE 11, 21 E 31 JARDAS CÚBICAS

NÃO NECESSITA DE TRACTOR PARA EMPURRE!
UMA SÓ MÁQUINA... UM SÓ OPERADOR...

Escarifica... Carrega... Transporta... Descarrega... Em terrenos de toda a natureza!



DISTRIBUIDOR EXCLUSIVO

GUEDES & ALMEIDA LDA.

Rua Áurea, 181-2.º — LISBOA-2 — TELEFS. 32 50 80 e 32 78 45

A STANDARD ELÉCTRICA PROJECTA-SE NO MUNDO

Na vanguarda da indústria das Telecomunicações e Electrónica, a Standard Eléctrica, dimensionada ao âmbito mundial, ocupa uma prestigiosa posição nos mercados estrangeiros. A eficiência de uma administração actualizada, a capacidade técnica dos seus engenheiros e o profissionalismo com que todos os empregados encaram as suas responsabilidades, são valores reais e positivos que, de maneira decisiva, contribuem para o engrandecimento da Standard Eléctrica e da indústria nacional. Associada da International Telephone and Telegraph Corporation, um conjunto mundial com cerca de 200 fábricas localizadas em mais de 60 paises, a Standard Eléctrica fabrica numerosos produtos, desde os minúsculos transistores e circuitos integrados às grandes centrais telefónicas de serviço público, que são exportados para mais de 30 paises entre os quais se destacam: Inglaterra, França, Alemanha, Espanha, Suécia, África do Sul, Brasil e Estados Unidos da América do Norte.

Standard Eléctrica

ITT

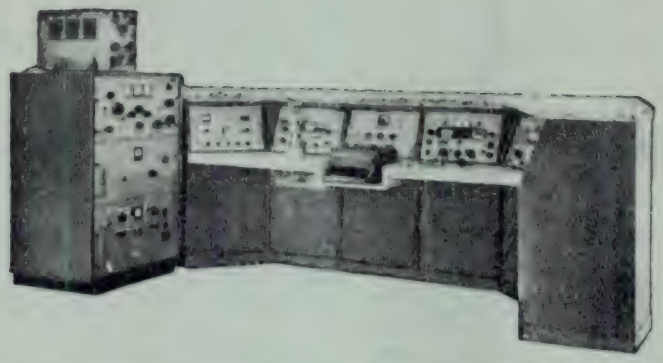
TG

PARA COLAGEM DE TACOS DE MADEIRA USE:

Também próprio para:
impermeabilizar terrenos,
paredes, fundações, etc.

FÁBRICA EM SACAVÉM

RUA FILIPE FOLQUE-10 1º— LISBOA
TELEF. 53 01 56 —TELEG. EPALDA-LISBOA



Comunicações

equipamentos
e sistemas completos

- Cuidadosamente projectados
- Amplamente experimentados
- Completamente integrados

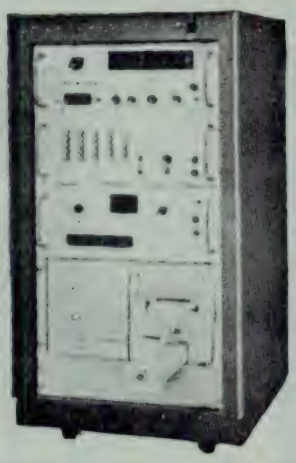
THE TECHNICAL MATERIEL CORPORATION

HEWLETT hp PACKARD

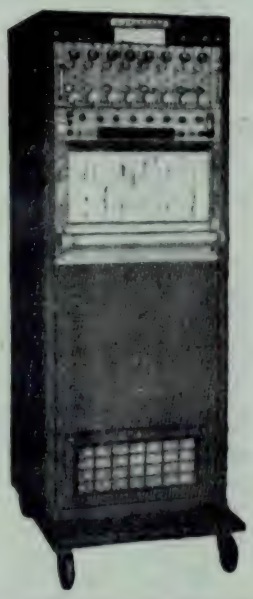
aparelhagem electrónica de medida e registo

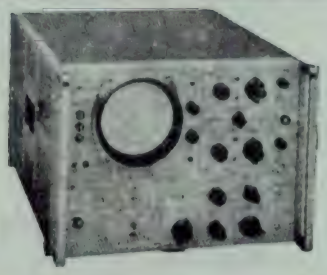
Osciloscópios, Oscilógrafos, Voltímetros electrónicos, Geradores de sinal, Contadores electrónicos, Registadores digitais, Fontes de alimentação

Registador digital Dymec



Registador Sanborn





Osciloscópio HP

Contador Electrónico HP

TELECTRA EMPRESA TECNICA DE EQUIPAMENTOS ELECTRICOS, S.A.R.L.

Os pára-raios Oerlikon... ... estão na vanguarda do progresso e protegem instalações em todo o mundo

Corrente de descarga 5 kA

RV
380 & 500 V

Descarga de longas linhas em vazio, protecção de postos completos, transformadores, alternadores ou consumidores ligados a linhas aéreas. Para cada função, o pára-raios apropriado.

OERLIKON

VG/WG
6 – 37 kV

Corrente de descarga 5 e 10 kA respectivamente Ondas rectangulares 75A 1000 µs e 150A 2000 µs

WGE
40 – 73 kV

Corrente de descarga 10 kA Ondas rectangulares 150A 2000 µs Membrana anti-explosão

WM/WMR
50 – 500 kV

Insuflação magnética Corrente de descarga 10 kA, Ondas rectangulares 1000A 2000 µs Membrana anti-explosão

Para indicações mais amplas consultar os nossos representantes Sociedade Michaëlis de Vasconcellos, Ltda. Porto e Lisboa

Ateliers de Construction Oerlikon · Zurich (Suiça)

técnica

NUMERO 387 ABRIL DE 1969 ANO XLIV VOLUME XXXI PUBLICAÇÃO MENSAL

C. D. U. 624:378.1

O ENGENHEIRO PERANTE A EVOLUÇÃO RÁPIDA DA TÉCNICA [1]

por F. VASCO COSTA
Professor do Instituto Superior Técnico

RESUMO

O extraordinário aumento da massa de conhecimentos de que se dispõe para a resolução dos problemas técnicos tem, ao contrário do que poderia esperar-se, contribuído para dificultar a resolução desses problemas.

Ao engenheiro exige-se hoje não só que possua mais vastos e profundos conhecimentos mas também que deles saiba tirar partido para projectar e construir edifícios de estrutura mais ligeira, pontes mais leves, e barragens mais esbeltas.

O planeamento, o cálculo automático e os modelos, se por um lado vieram simplificar a tarefa do engenheiro, por outro lado vieram dificultá-la, pois que ele deve utilizá-los para mais perfeita, e portanto complexa, resolução dos problemas que lhe são postos.

Para bem desempenhar a sua função o engenheiro precisa de manter actualizados os seus conhecimentos. Isso só lhe será possível se adquirir na Escola uma sólida preparação básica de carácter geral, menos susceptível de desactualizar-se, e se mantiver actualizados os seus conhecimentos técnicos mediante estudo permanente.

SYNOPSIS

The enormous expansion in the amount of knowledge involved in today's engineering problems has been making such problems more and more difficult to solve by the engineer.

Engineers are expected not only to have available better and more comprehensive technical information but also to be able to use it to improve on the design of structures ranging from buildings to dams.

Planning, computers and scale models, which in many aspects have simplified the engineer's job, have, on the other hand, rendered it more difficult, as he in turn must use them to seek more accurate and complete solutions for his problems.

To adequately meet his job's requirements the engineer must keep au fait with scientifical and technical advances. This will require that he is given at school a thorough basic scientific training, less prone to outdating, and, in addition, that his professional knowledge be kept up-to-date by continuous study.

A mocidade é, e sempre foi, curiosa. Nada mais natural, pois, que os organizadores da VI Semana de Engenharia Civil tenham escolhido para seu tema: Novos rumos da Engenharia Civil.

Mas a Engenharia Civil trilhará, de facto, novos rumos?

Não o creio. Tal como há 50, há 20, há 10 anos, o objectivo da actividade do engenheiro civil continua a ser a busca de soluções económicas para os problemas postos ao homem pela necessidade de se abrigar e pelo desejo de se transportar. A única diferença reside na complexidade e na dificuldade de que os problemas se revestem hoje, complexidade e dificuldade que tendem a aumentar, e cada vez mais depressa, pelo que é necessário procurar novas formas de abordar a resolução de tais problemas.

---

[1] Conferência proferida na sessão inaugural da VI Semana de Engenharia Civil, no dia 24 de Fevereiro de 1969.

Como deve o técnico, cuja capacidade de estudo, de raciocínio e de trabalho, aliás como a força física, é a mesma do técnico de há 50, 20, 10 anos, proceder quando lhe são postos problemas mais complexos do que aqueles que lhe ensinaram a resolver?

Permiti que um engenheiro civil com mais de 30 anos de exercício activo da profissão diga aos novos como lhe parece poderão vencer-se as dificuldades resultantes do aumento da complexidade dos problemas e da evolução rápida da técnica.

Comecemos por verificar se os problemas que o engenheiro é hoje chamado a resolver são de facto mais complexos e difíceis do que eram os postos aos engenheiros que o antecederam.

No domínio das estruturas a evolução é evidente. Não só os edifícios têm mais andares, as pontes vencem maiores vãos e as barragens atingem maiores alturas, mas ainda, o que se reveste de particular importância, as estruturas dos edifícios são mais ligeiras, as pontes tornam-se mais leves e as barragens diminuem de espessura. A elaboração dos projectos exige hoje, por isso, conhecimentos mais profundos e em maior número, além de que a execução das obras requer mais cuidados e envolve maior responsabilidade.

No domínio dos transportes sucede o mesmo. Os navios aumentam de dimensões e acostam em lugares mais expostos; a sua construção torna-se mais ligeira, mas são, apesar disso, muito mais seguros.

Este notável progresso é fruto de um vasto património de conhecimentos científicos e de conhecimentos técnicos.

Para tornar acessível esse património publica-se anualmente um milhão de documentos. Impossível é a qualquer técnico tomar conhecimento da existência da milésima parte dos documentos que directamente lhe podem interessar. No entanto, espera-se que nenhuma informação importante contida nos documentos acumulados ao longo dos anos seja ignorada pelo técnico a quem é confiada a resolução dum problema. E, o que mais contribui para agravar a situação, a quantidade de documentos está sempre a aumentar e a sua leitura requer cada vez maior atenção, pois se procura redigir tais documentos de forma cada vez mais concisa e precisa.

O quadro ainda se torna mais negro se tivermos em conta que o técnico dispõe hoje em dia de menos tempo para a leitura, pois actualmente, mais do que antes, tem de ocupar-se com tarefas administrativas, as quais, aliás, são consequência da própria complexidade dos problemas.

Como poderá hoje o técnico abordar o estudo de problemas cuja resolução exige uma quantidade sempre crescente de conhecimentos? Organizando o seu trabalho, forjando novas ferramentas para abordar problemas e mantendo permanentemente actualizados os seus conhecimentos.

Os organizadores da Semana bem o sabiam pois escolheram para temas das sessões:

Planeamento
Cálculo automático
Modelos
Estudo pós-escolar

São estes os verdadeiros novos rumos de Engenharia Civil. Passemo-los em revista.

Primeiro o Planeamento. Devemos distinguir dois tipos de planeamento: o que tem por objectivo tornar mais coerente e eficiente um conjunto de elementos, como sucede com a urbanização, e o que tem por objectivo tornar mais fácil, económica e rápida a execução dum conjunto de operações, como sucede com o sistema do caminho crítico. Tanto um como outro tipo de planeamento se têm tornado cada vez mais gerais e mais complexos, e, consequentemente, mais difíceis de pôr em prática.

Quanto à evolução do primeiro tipo de planeamento vem a propósito citar palavras proferidas pelo Prof. Arne Jansen ao inaugurar um seminário internacional dedicado ao planeamento de transportes ([1]):

([1]) Decision Problems in Connection with Traffic-Planning, Proc. of a NATO Seminar. Ag. 1965.

«Há bem poucos anos o planeamento dos transportes ainda não existia; hoje pode dizer-se que já está fora de moda. A princípio o planeamento desenvolveu-se vagarosamente; começou por consistir no estudo económico de projectos isolados, passou em seguida ao estudo dos diversos aspectos dum dado sistema de transporte, para abranger mais tarde a coordenação global de diversos sistemas. Hoje em dia admite-se, no entanto, que a coordenação global de diversos sistemas de transporte apenas tem significado quando integrada no conceito de planeamento urbanístico ou regional.»

Deste tipo de planeamento não podem os engenheiros esperar ajuda para a simplificação das suas tarefas — muito antes pelo contrário. Com efeito, tal tipo de planeamento está tornando os problemas mais gerais e, consequentemente, mais complexos e de mais difícil resolução. Mas só assim se conseguirão melhores soluções e só assim é que se verificará progresso.

Quanto ao outro planeamento — o que consiste na divisão e ordenação de tarefas — esse sim, esse contribui de facto para tornar humanamente possível a resolução dos problemas que hoje são postos ao engenheiro. Acerca de tal planeamento muito ireis ouvir nas secções que lhe serão consagradas nesta Semana. Mas não quero deixar de chamar aqui a vossa atenção para um dos aspectos particulares do planeamento: o do trabalho em grupo.

Um dos mais importantes documentos publicados neste século, e que maior repercussão teve na evolução da técnica, foi, fora de dúvida, o livro «Cibernética», do Prof. Wiener (1).

Na introdução faz notar o autor, a propósito do trabalho intelectual em grupo, que este só será produtivo se todos os especialistas participantes se aperceberem do objectivo geral e todos estiverem inteirados das tarefas dos vizinhos. Sem isto tudo falha. Daí o aparecimento de engenheiros-economistas, de engenheiros-arquitectos, de engenheiros-planeadores, dos quais se espera que saibam mais do que simples engenheiros. Mas que preparação e que conhecimentos haverá o direito de exigir a esses técnicos fora dos domínios pròpriamente de engenharia? Se lhes exigirmos conhecimentos fora dos domínios da engenharia teremos de aceitar que possam saber menos dentro desses domínios.

Além da divisão de tarefas, que é a razão dos grupos de trabalho, temos ainda outra forma de aumentar a capacidade de produção do homem, a qual consiste em recorrer à máquina. A máquina serviu para reduzir o esforço muscular do homem, poderá também servir para reduzir o seu esforço intelectual. Mas a máquina que tinha servido para aumentar a força do homem e reduzir o esforço físico desenvolvido, quando atingiu a sua forma mais perfeita actual — o famoso computador — atraiçoou-o. Ou melhor, foi o homem que se atraiçoou a si próprio.

Com efeito, no dia seguinte àquele em que dispôs dessa extraordinária máquina que em microsegundos lhe resolve problemas que por demorados e trabalhosos ele não se atrevia sequer a abordar, o homem imaginou logo novos problemas, ou antes, formas mais complexas e difíceis de abordar velhos problemas. E sucedeu que aqueles a quem a máquina poderia poupar tempo e esforço gastam agora tempo a investigar aspectos novos dos problemas, aspectos esses que, por falta de meios para os tomar em conta, eram antigamente ignorados.

Claro que se o técnico, de cumplicidade com a máquina, tornou os problemas mais complexos, isso se deve ao seu desejo de resolver os problemas de forma mais perfeita e completa. A sociedade deve, portanto, estar-lhe grata. O jovem técnico, porém, tem de preparar-se para uma vida profissional mais dura. Mas acerca do cálculo automático melhor será aguardar o que irá ser-vos dito pelo Eng.º Ferry Borges e pelos técnicos que com ele participarão na anunciada mesa redonda.

Além do planeamento e do cálculo automático, os técnicos recorrem ainda, para tornar possível a resolução de certos problemas, ao emprego de modelos de vários tipos e ao dimensionamento experimental.

Mas também aqui o homem não se limitou a utilizar o modelo para facilitar a sua tarefa. Quis ir mais além e foi pedir ao modelo o que não conseguia obter de outras formas. Ao modelo geomètricamente semelhante ao original sucedeu-se o modelo distorcido numa ou mais direcções

---

(1) Wiener, Norbert, *Cybernetics*, The M. I. T. Press, 1965.

e, mais tarde, o modelo analógico, completamente diferente do protótipo, no qual fenómenos duma dada natureza são representados por fenómenos de natureza distinta, por exemplo os hidráulicos por eléctricos, e vice-versa.

E assim, tal como sucedera com o planeamento e com o computador, também os modelos, que poderiam ter facilitado as tarefas do técnico, vieram torná-las mais complexas e obrigaram o técnico a alargar e a aprofundar os seus conhecimentos em novos domínios.

Mas devemos louvar a atitude tomada, pois foi por ter-se aceite a complexidade, em vez de ignorá-la que hoje dispomos de edifícios mais altos com estruturas mais ligeiras, de pontes mais leves vencendo maiores vãos e de barragens mais esbeltas subindo a maiores alturas. E, o que é muito importante, estas obras tornaram-se mais económicas, são construídas mais depressa e a sua segurança começa finalmente a ser medida e escolhida de forma criteriosa.

Temos, pois, que aceitar a complexidade sempre crescente dos problemas. Mas aceitando-a, e parece não haver outra alternativa senão aceitá-la, como devemos proceder? O planeamento, o cálcuto automático e os modelos, em vez de contribuirem para facilitar o trabalho do engenheiro, ainda o tornaram mais difícil. Como proceder? A resposta é só uma, simples, clara e precisa: mediante o estudo permanente, para que os conhecimentos se mantenham sempre crescendo e quanto possível actualizados.

E seja-me agora permitido alongar-me um pouco sobre a necessidade do estudo permanente.

Há dois mil anos viveu um homem que falou e escreveu acerca de tudo quanto então se conhecia: Aristóteles. Durante séculos quem conhecesse e soubesse o que ele ensinara e escrevera acerca de qualquer assunto podia considerar-se como possuidor de conhecimentos completos e actualizados nesse assunto.

Depois os novos conhecimentos começaram a acumular-se, a suceder-se e a substituir-se muito ràpidamente. Mas até há bem pouco tempo, quem tivesse frequentado uma universidade podia aplicar durante toda a vida o que nela aprendera, sem risco de tornar-se um mau profissional. Hoje já não é assim. Os conhecimentos, as teorias interpretativas, as técnicas a adoptar, sucedem-se uns aos outros cada vez com mais rapidez. Ai daquele que não se mantenha informado; tornar-se-á não só inútil mas mesmo prejudicial à sociedade.

Há alguns anos o operário que soubesse bem manejar uma pá podia considerar o seu futuro garantido. Mas a primeira evolução industrial, permitindo substituir o trabalho braçal pela máquina, veio colocá-lo em má posição. Qualquer operário que execute hoje um trabalho que possa ser executado de forma mais perfeita e económica por uma máquina bem fará em preparar-se para o exercício de novo tipo de actividade.

Da mesma forma o engenheiro que não acompanhe a evolução da técnica ou só saiba abordar problemas susceptíveis de serem resolvidos mais ràpidamente, com maior precisão e mais econòmicamente por uma máquina está destinado ao desemprego. E o mais grave é que o progresso verificado nas máquinas que substituem o homem que trabalha sentado a uma secretária é hoje muito mais rápido do que foi o progresso das máquinas que vieram substituir o trabalho braçal. Por isso os técnicos que não evoluam, que se não adaptem às novas condições de trabalho, encontram-se condenados, tal como o trabalhador braçal, a tornar-se um peso morto na sociedade ([1]).

Como pode o engenheiro que deseje continuar a ser engenheiro manter actualizados os seus conhecimentos no domínio particular em que exerça a sua actividade? Três formas de actividade colectiva foram criadas para facilitar-lhe a actualização de conhecimentos:

Estudos pós-graduação
Cursos de reciclagem
Estágios para reconversão

([1]) O Dr. Alexandre King, da OCDE, referiu numa conferência recentemente proferida em Lisboa que em França já se verifica, a par duma grande falta de engenheiros recém-formados, o desemprego de engenheiros formados há mais de 20 anos. Isto por a sua experiência não suprir a falta de conhecimentos actualizados.

MAGUE

Hangar de 120m de vão

PONTES ROLANTES, GUINDASTES E APAR. DE ELEVAÇÃO ESPECIAIS — *Projecto e fabrico*

TURBINAS HIDRÁULICAS — *Fabrico segundo licença de A. C. M. de Vevey, S. A.*

TURBINAS A VAPOR — *Fabrico segundo licença de Brown Boveri, Cie.*

CALDEIRAS A VAPOR — *Projecto e fabrico segundo licença de Foster Wheeler, Co.*

EQUIPAMENTOS E INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS

CONSTRUÇÕES METALOMECANICAS **MAGUE** S.A.R.L

ALVERCA DO RIBATEJO — PORTUGAL

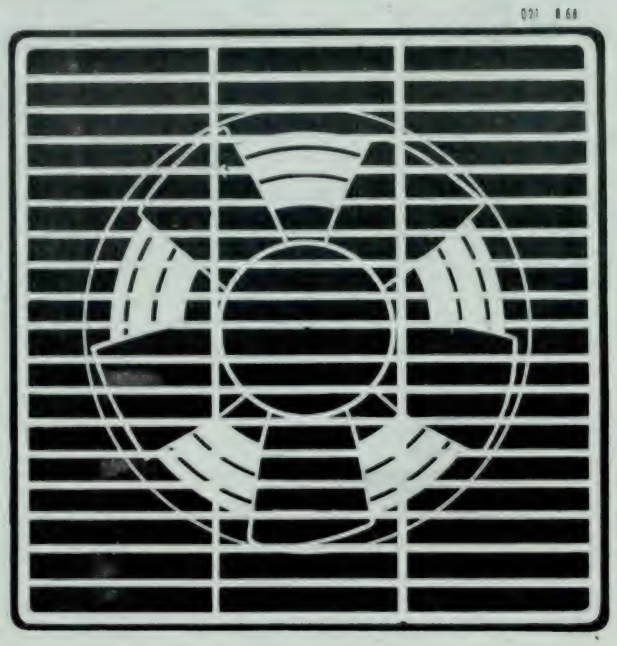
SIEMENS

VENTILAR

Quando se deseja uma atmosfera fresca e agradável, o ar precisa ser renovado e essencialmente nos locais de ambiente viciado ou com grande concentração de pessoas.

O ventilador Siemens tipo 2CB2 foi especialmente estudado para montagem em cozinhas e a sua aplicação pode ser efectuada por pessoal não especializado.

A Siemens inclui no seu programa de fabrico ventiladores do tipo doméstico e industrial, cujas características de funcionamento permitem a sua utilização em todos os casos em que é necessário ar fresco e saudável.



Peça catálogos ou esclarecimentos à Secção Técnica da

SIEMENS-COMPANHIA DE ELECTRICIDADE, S. A. R. L.

LISBOA-1: AV. ALMIRANTE REIS, 65 — TEL. 53 69 21 • PORTO: R. DAS CARMELITAS, 26-2.º — TEL. 2 89 43

Mas o técnico só tirará proveito da participação em qualquer destas actividades se a acompanhar duma actividade individual muito importante, a qual, surpreendentemente, poucas vezes é referida: o estudo individual permanente.

É de facto estranho que esta actividade — a do estudo individual permanente — sem dúvida muito mais importante que as actividades colectivas referidas, não esteja sendo objecto de propaganda como o estão sendo as actividades colectivas. No entanto os estudos pós-graduação, os cursos de reciclagem e os estágios para reconversão perdem a sua utilidade se não forem acompanhados pelo estudo individual permanente. Além de que o estudo individual é o que permite a actualização mais perfeita de conhecimentos e a melhor adaptação às necessidades particulares de cada técnico.

Poderia terminar aqui as considerações acerca da atitude a tomar pelo engenheiro perante a evolução rápida da técnica, resumindo tudo o que foi dito e tudo quanto pode dizer-se num único conselho aos que vão começar a sua vida profissional de engenheiros: preparai-vos para estudar continuadamente, preparai-vos para estudar cada vez mais.

Mas um conselho so será proveitoso se for seguido. Para que seja seguido é necessário que seja bem assimilado, para o que convém repeti-lo, glosá-lo uma, duas e muitas vezes.

Por isso peço perdão por insistir, falando-vos não só do estudo pós-graduação mas também da influência que a simples existência deste tem no estudo pré-graduação.

Há certos tipos de conhecimentos que só na mocidade podem adquirir-se com facilidade: por exemplo, os relativos ao estudo de línguas estrangeiras. Quem as não aprender em novo nunca virá a falá-las com desembaraço e segurança.

Nas condições das línguas encontram-se também outros tipos de conhecimentos como os relativos às ciências básicas, nomeadamente à Matemática e à Física. Ou se adquirem durante a mocidade ou só à custa de um tremendo esforço poderão adquirir-se mais tarde. Mas é a posse desses conhecimentos básicos que habilitará o técnico a adquirir mais tarde conhecimentos técnicos actualizados e a exercer uma actividade profissional a nível superior. Se lhe faltarem tais conhecimentos básicos, por muito que se esforce na aquisição de novos conhecimentos dificilmente ficará em condições de aplicá-los a nível profissional superior. Por isso se verifica nas melhores escolas técnicas uma nítida tendência para ministrar conhecimentos científicos, mesmo quando à custa do sacrifício do ensino de matérias de carácter técnico.

Que a gente nova se encontra especialmente apta não só a assimilar mas mesmo a aplicar e desenvolver, de forma completa e profunda, conhecimentos de carácter científico, provam-no as valiosas contribuições científicas devidas a matemáticos com menos de trinta anos.

Com a técnica a evoluir cada vez mais ràpidamente, convém que os preciosos anos da mocidade, em que os cérebros, tais como os músculos, se encontram ainda frescos e cheios de elasticidade, sejam dedicados a assimilação de conhecimentos básicos, de carácter abstracto e geral, que poderão vir a ser utilizados em muitos domínios da técnica, qualquer que venha a ser a sua evolução.

Se o engenheiro não tiver adquirido na mocidade os conhecimentos básicos de carácter geral que tão bem se adquirem na mocidade, dificilmente virá a adquiri-los mais tarde, por mais cursos de reciclagem que frequente.

A falta de técnicos com conhecimentos actualizados tem criado situações graves em todos os países em que, por razões económicas ou outras, só a uma pequena parcela da população é dada oportunidade para permanecer na escola durante toda a sua mocidade. Entre nós a situação é extremamente grave, pois como o nosso rendimento nacional é dos mais baixos da Europa, não temos podido dispor de grandes verbas para melhorar e alargar o ensino.

Mas o que se não compreende é que dum rendimento nacional já de si tão baixo se destine ao ensino uma percentagem de 2 %, a mais baixa da Europa, cerca de um terço da percentagem consagrada na Áustria, na França, na Hungria e na Suíça, e cerca de um quarto da percentagem atribuída ao ensino na Bélgica, na Dinamarca, na Holanda e na Suécia [1].

---

[1] «Investimentos financeiros e educação», Vértice, vol. XXIX, n.º 305 Fev. 1969, pag. 114.

As deficiências do nosso ensino, nem todas aliás atribuíveis à falta de verbas, e os inconvenientes resultantes de nem a todos ser proporcionada a frequência das escolas durante toda a mocidade, poderão, em parte, ser supridas pelo estudo pós-graduação convenientemente orientado. Tais estudos revestem-se, por isso, de particular importância entre nós. Assim o entendeu o Laboratório Nacional de Engenharia Civil, o qual de ano para ano está ampliando a sua acção educativa. E ao referir o Laboratório não posso deixar de recomendar a V. Ex.as a leitura da oração proferida pelo seu Director, o Eng.º Manuel Rocha, na cerimónia em que lhe foi concedido o grau «honoris causa» pela Universidade Federal do Rio de Janeiro ([1]), oração essa subordinada ao título «A Educação Permanente».

Os cursos de reciclagem, em que durante algumas semanas se ministra em regime de trabalho intensivo o ensino de conhecimentos actualizados, têm-se generalizado graças ao entusiasmo com que foram lançados entre nós pelo Director do Instituto Nacional de Investigação Industrial, o Eng.º Magalhães Ramalho. O Ministério das Corporações e a Associação Industrial e a Associação Comercial muito se têm interessado por estes cursos. Alguns organismos particulares também muito têm feito neste domínio, mas muito mais há ainda a realizar.

Quanto aos estágios para reconversão, já tão generalizados lá fora nas regiões mineiras e agrícolas e nalguns portos, onde a evolução da técnica lançou no desemprego muitos milhares de operários, a sua necessidade ainda se não fez sentir de forma premente entre nós e isto por virtude de, infelizmente, continuarmos a usar largamente mão de obra não especializada, a qual fàcilmente se adapta a todo e qualquer novo tipo de trabalho. Mas o problema da reconversão virá a surgir mais cedo ou mais tarde e convém que nos preparemos com tempo para a organização de estágios para tal efeito.

Das formas referidas de actualização de conhecimentos a que interessa mais directamente ao engenheiro é sem dúvida o estudo pós-graduação. Os cursos de reciclagem e os estágios para reconversão destinam-se principalmente a técnicos de outros graus.

Resumindo e repetindo o conselho anterior, na mira de que seja fixado pelos jovens de boa vontade interessados em se tornarem e se manterem bons engenheiros: destinai todas as horas da vossa actividade de estudantes à aquisição duma sólida preparação científica; destinai muitas horas da vossa actividade profissional à sua actualização, pois só uma profunda, vasta e sempre actualizada preparação científica nos permitirá acompanhar a evolução cada vez mais rápida da técnica.

([1]) Rocha, Manuel, «A Educação Permanente», Binário, 116, Maio 1968.

C. D. U. 621.313.37

DETERMINATION GRAPHIQUE DES CARACTERISTIQUES DE FONCTIONNEMENT DU MOTEUR A REPULSION *

Par CLAUDE HUMBERT
Ingénieur, Maitre-Assistant
Docteur en Spécialité

RESUMO

Os autores mostram como construir e graduar o diagrama de impedância do motor de repulsão para ler directamente as principais grandezas caracteristicas correspondentes a um regimen de funcionamento dado.

SYNOPSIS

The authors show how to build and graduate the impedance diagram of the repulsion motor to read directly the principal caracteristic parameters corresponding to a given rating.

I — INTRODUCTION

Le moteur à répulsion comprend un induit, à collecteur, en court-circuit par l'intérmédiaire de balais que l'on décale pour régler la vitesse de rotation du moteur. Lorsque ces balais font l'angle α avec la ligne neutre de la machine, le courant rotorique crée un champ dirigé suivant la ligne des balais et un couple s'exerce sur le rotor dans le sens opposé au décalage.

Dans les cas particuliers où $\alpha = 0$ et $\frac{\pi}{2}$, le courant rotorique est, soit nul, soit égal au courant de court-circuit, mais dans les deux cas, le couple est nul.

Vu du réseau, le moteur se présente comme une impédance $\overline{Z}$ dépendant des deux paramètres : α angle de repérage des balais et Ω vitesse de rotation.

A chaque image de $\overline{Z}$ dans le plan complexe correspondra donc une valeur de Ω déterminées. Nous allons montrer comment en déduire les valeurs de la puissance absorbée P_1 du couple Γ et graduer le plan complexe en P_1 et Γ.

II — EQUATIONS DE FONCTIONNEMENT DU MOTEUR A REPULSION

Soient :

— R_1 la résistance et L_1 l'inductance propre de l'inducteur alimenté sous la tension $\overline{V}_1$ et parcouru par le courant $\overline{I}_1$

— R_2 la résistance et L_2 l'inductance propre de l'induit parcouru par le courant I_2

— M l'inductance mutuelle entre les deux enroulements

— M_0 sa valeur maximale

— σ le coefficient de dispersion entre les circuits du rotor et du stator lorsque $M = M_0$

— N_1 l'inductance de fuites totale primaire

(M est une fonction périodique de α. Le tracé expérimental de $M = f(\alpha)$ (figure 1) montre qu'on a sensiblement $M = M_0 \sin \alpha$).

Les équations de fonctionnement du moteur s'écrivent

$$\overline{V}_1 = (R_1 j + L_1 \omega) \overline{I}_1 + j M \omega \overline{I}_2$$

$$0 = (R_2 + j L_2 \omega) \overline{I}_2 + (j M \omega + \frac{dM}{d\alpha} \Omega) \overline{I}_1$$

Par élimination de $\overline{I}_2$, on obtient l'impédance $\overline{Z}$ présentée par le moteur telle que $\overline{V}_1 = \overline{Z}\ \overline{I}_1$.

$$\overline{Z} = R_1 + j L_1 \omega + \frac{(1-\sigma) L_1 L_2 \omega^2 \sin^2 \alpha}{R_2 + j L_2 \omega} - \frac{j (1-\sigma) L_1 L_2 \omega \Omega \sin \alpha \cos \alpha}{R_2 + j L_2 \omega}$$

Finalement, cette impédance se met sous la forme

$$\overline{Z} = \overline{A} + \overline{B} \cos 2\alpha + \overline{C} \sin 2\alpha$$

* Travail réalisé au Laboratoire d'Electrotechnique de l'E. N. S. E. M. Nancy.

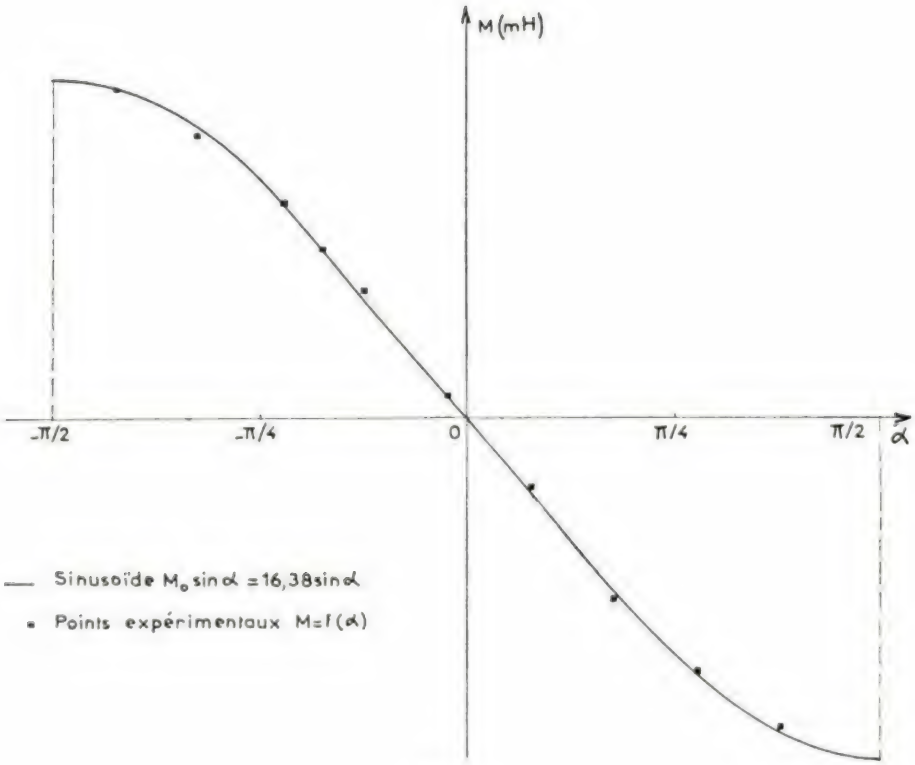


Fig. 1

où l'on a posé

$$\overline{A} = R_1 + L_1 \omega \left[j + \frac{(1-\sigma)\, L_2 \omega}{2\,(R_2 + jL_2\omega)} \right]$$

$$\overline{B} = \frac{-L_1 L_2 (1-\sigma)\, \omega^2}{2\,(R_2 + jL_2\omega)}$$

$$\overline{C} = \frac{-j\, L_1 L_2 (1-\sigma)\, \omega\, \Omega}{2\,(R_2 + jL_2\omega)} = j\,\overline{B}\,\frac{\Omega}{\omega}$$

Seul le coefficient $\overline{C_1}$ dépend de la vitesse Ω.

III — DIAGRAMME D'IMPEDANCE.

Les courbes représentant $\overline{Z}(\alpha)$ à Ω = constante dans le plan complexe forment un faisceau d'ellipses centrées au point C image de $\overline{A}$ et ayant en commun les sommets S_1 et S_2 d'affixes $\overline{A} + \overline{B} = R_1 + jL_1\omega$ et $\overline{A} - \overline{B} = R_1 + \dfrac{jL_1\omega\,(R_2 + jN_2\,\omega)}{R_2 + jL_2\omega}$ correspondant aux valeurs 0 et $\dfrac{\pi}{2}$ de l'angle α.

Dans le cas particulier où la vitesse est telle que $\Omega = \omega$ l'ellipse correspondant est un cercle.

Les courbes représentant $\overline{Z}(\Omega)$ à α = constante sont les droites coupant le segment $S_1 S_2$ sous un angle égal à Arg $\overline{C_1}$.

IV — PUISSANCE ET COUPLE.

Dans le plan de représentation de $\overline{Z}$, déterminons les courbes à puissance P_1 constante et à couple Γ constant. Posons $\overline{Z} = X + jY$ et écrivons la puissance complexe

$$\overline{S_1} = \frac{V_1^2 (X + jY)}{X^2 + Y^2}$$

La puissance active est $P_1 = \dfrac{V_1^2 X}{X^2 + Y^2}$.

Les courbes $P_1 =$ contante sont des cercles centrés sur l'axe réel au point d'abscisse $\frac{V_1^2}{2P_1}$ et tangents en l'origine à l'axe imaginaire.

Les courbes de puissance réactive $Q_1 =$ constante sont des cercles centrés sur l'axe imaginaire au point d'ordonnée $\frac{V_1^2}{2Q_1}$.

Les courbes à couple constant sont déterminées par l'équation

$$\Gamma\,\Omega = \frac{V_1^2 X}{X^2 + Y^2} - R_1 I_1^2$$

V — CAS OU LES RESISTANCES R_1 et R_2 SONT NEGLIGEABLES.

Les cœfficientes $\overline{A}_1$, $\overline{B}_1$, $\overline{C}_1$ deviennent alors

$$\overline{A} = j L_1 \omega \frac{1+\sigma}{2} = jA$$

$$\overline{B} = j L_1 \omega \frac{1-\sigma}{2} = jB$$

$$\overline{C} = -L_1 \Omega \frac{1-\sigma}{2} = -C$$

Pour généraliser la représentation et la graduation des diagrammes d'impédance, nous travaillerons en coordonées réduites en posant

$$\overline{z} = x + jy = \frac{\overline{Z}}{L_1 \omega} = \overline{a} + \overline{b} \cos 2\alpha + c \sin 2\alpha$$

et $\omega_1 = \frac{\Omega}{\omega}$

tels que

$$\overline{a} = j\,\frac{(1+\sigma)}{2} = ja$$

$$\overline{b} = j\,\frac{(1-\sigma)}{2} = jb$$

$$\overline{c} = -\omega_1\,\frac{(1-\sigma)}{2} = -c$$

$$x = -\omega_1 b \sin 2\alpha$$

$$y = a + b \cos 2\alpha$$

Les ellipses $\overline{z}(\alpha)$ sont centrées sur l'axe imaginaire et passent par les sommets S_1 et S_2 d'affixes j et $j\sigma$. Quant aux droites $\overline{Z}(\omega)$, elles sont parallèles à l'axe réel puisque arg $\overline{C}_1 = \pi$.

De l'expression de la puisance complexe réduite

$$\overline{s}_1 = \frac{x + jy}{x^2 + y^2} = p_1 + jq_1$$

on déduit les courbes $p_1 = \frac{x}{x^2 + y^2}$ et

$$q_1 = \frac{y}{x^2 + y^2}$$

L'étude du couple Γ se ramène à celle de

$$\gamma = \frac{L_1 \omega^2}{V_1^2}\,\Gamma = \frac{x}{\omega_1 (x^2 + y^2)}$$

Eliminons ω_1 et α entre x, y et γ. Il vient

$$\gamma^2 (x^2 + y^2)^2 + y^2 - (1+\sigma) y + \sigma = 0 \qquad \text{(V. 1)}$$

où $\gamma = 0$ correspond bien à $y = 1$ et $y = \sigma$.

L'étude des courbes $\gamma =$ constante à partir de l'équation (V. 1) est complexe mais peut être simplifiée par l'étude de γ, successivement, en fonction des paramètres ω_1 et α.

$$\gamma(\alpha, \omega_1) = \frac{-b \sin 2\alpha}{b^2 \omega_1^2 \sin^2 \alpha + (a + b \cos 2\alpha)^2} \qquad \text{(V. 2)}$$

V.1. Courbes $\gamma(\omega_1)$ à α constante.

Les courbes $\gamma =$ constante sont symétriques par rapport à l'axe des y et nous nous limiterons pour la suite au cas $\gamma > 0$ soit $\frac{\pi}{2} < \alpha < \pi$.

γ este maximal pour $\omega_1 = 0$ et vaut

$$\gamma_0 = \frac{-b \sin 2\alpha}{(a + b \cos 2\alpha)^2}$$

Le maximum de γ_0 quand α varie est obtenu pour

$$\cos 2\alpha_o = \frac{1+\sigma-\sqrt{9(1+\sigma)^2-14\sigma}}{2(1-\sigma)}$$

$$\simeq -1+\frac{2}{3}\sigma$$

A la valeur α_o proche de $\frac{\pi}{2}$ correspond le maximum maximorum γ_{oM}. La courbe $\gamma = \gamma_{oM}$ se réduit au point $M_o(x_o, y_o)$ tel que

$$x_o = 0$$

$$y_o = \frac{1}{2}[1+\sigma+(1-\sigma)\cos 2\alpha_o] \simeq \frac{4}{3}\sigma$$

V.2. **Courbes $\gamma(\alpha)$ à ω_1 constante**

A partir de l'expression (V.2.) nous traçons dans le même intervalle $\left(\frac{\pi}{2}, \pi\right)$ les courbes $\gamma(\alpha)$ à vitesse constante. Calculons $\frac{\partial X}{\partial \alpha}$.

Les pentes des tangentes aux points $\alpha = \frac{\pi}{2}$ et $\alpha = \pi$

$$\left(\frac{\partial \gamma}{\partial \alpha}\right)_{\alpha=\frac{\pi}{2}} = \frac{2b}{(a-b)^2} = \frac{1-\sigma}{\sigma^2}$$

$$\left(\frac{\partial \gamma}{\partial \alpha}\right)_{\alpha=\pi} = \frac{-2b}{(a+b)^2} = -(1-\sigma)$$

sont indépendantes de ω_1, donc identiques pour toutes les courbes $\gamma(\alpha)$.

Les valeurs absolues sont, dans le rapport σ^2, très différentes et mettent en évidence les grandes variations de couple au voisinage de $\alpha = \frac{\pi}{2}$. Ceci correspond à une forte concentration des courbes $\gamma =$ constante dont toutes les parties inférieures doivent couper l'axe des y entre les valeurs voisines σ et $\frac{4}{3}\sigma$.

Le maximum γ_M de γ s'exprime en fonction de α sous la forme

$$\gamma_M = \frac{\sigma-1}{2}\,\frac{\sin 4\alpha}{2(1+\sigma^2)\cos 2\alpha + (1+\cos^2 2\alpha)(1-\sigma^2)}$$

Remarquons que le lieu de γ_M a une asymptote verticale pour $\alpha = \alpha_M$ tel que

$$\cos 2\alpha_M = -\frac{1-\sigma}{1+\sigma} \simeq -1+2\sigma.$$

De plus

$$\left(\frac{\partial \gamma_M}{\partial \alpha}\right)_{\alpha=\frac{\pi}{2}} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial \gamma}{\partial \alpha}\right)_{\alpha=\frac{\pi}{2}}$$

VI – RESULTATS EXPERIMENTAUX.

Nous disposons d'un moteur de caractéristiques suivantes

Puissance 2,5 CV
Alimentation $V_1 = 110$ V
Vitesse de synchronisme $N = 3000$ t/mn.

1) Mesure des paramètres :

$R_1 = 0{,}27\,\Omega$	$L_2\omega = 2{,}20\,\Omega$
$R_2 = 0{,}05\,\Omega$	$M_o\omega = 5{,}15\,\Omega$
$L_1\omega = 13\,\Omega$	$k^2 = 0{,}924$
$N_1\omega = 1\,\Omega$	$\sigma = 0{,}076$

La figure 1 montre la loi de variation de M en fonction de α: $M = M_o \sin\alpha$.

Le fait de négliger les résistances R_1 et R_2 respectivement devant $L_1\omega$ et $L_2\omega$ est justifié, cette approximation entrainant des écarts inférieurs à 2%.

Nous obtenons alors

$$a \neq 0{,}538$$
$$b \neq 0{,}462$$

2) Courbes déduites des paramètres.

a – Après avoir tracé les ellipses $z(\alpha)$ et les droites $z(\omega_1)$ nous avons porté les points experimentaux sur ces courbes (figure 2)

b – Les figures 3 et 4 correspondent aux graduations en puissance et en couple. Les courbes $\gamma =$ constante sont comprises entre les droites $y = 1$ et $y = 0{,}076$ représentant elles-mêmes $\gamma = 0$, et doivent toutes couper l'axe des y entre $y = 0{,}076$ et $y = 0{,}101$.

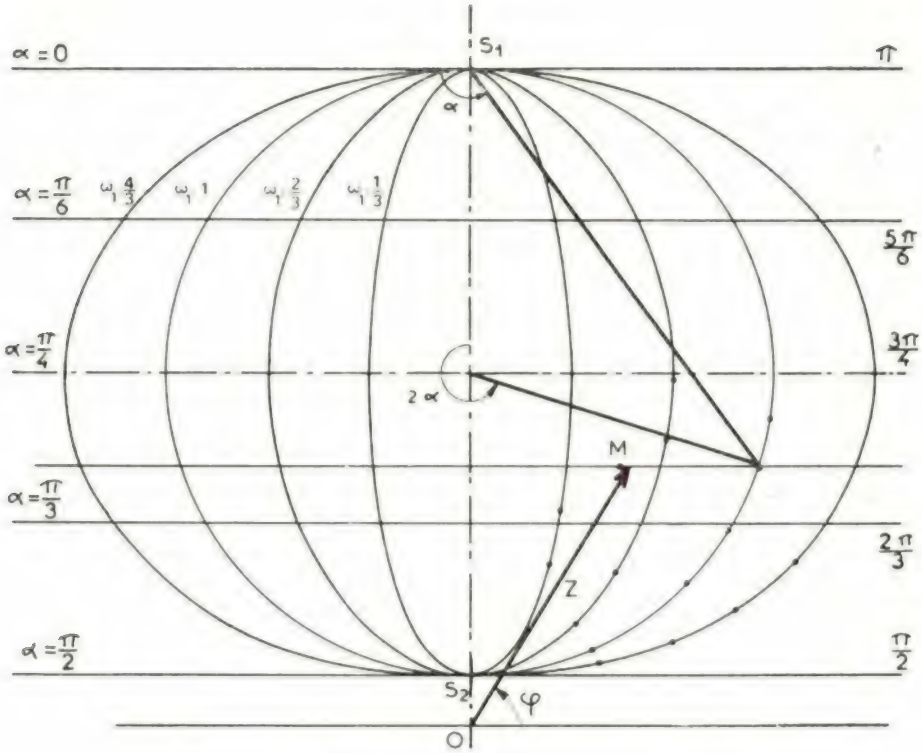


Fig. 2 — Courbes z (ω_1) et z (α)

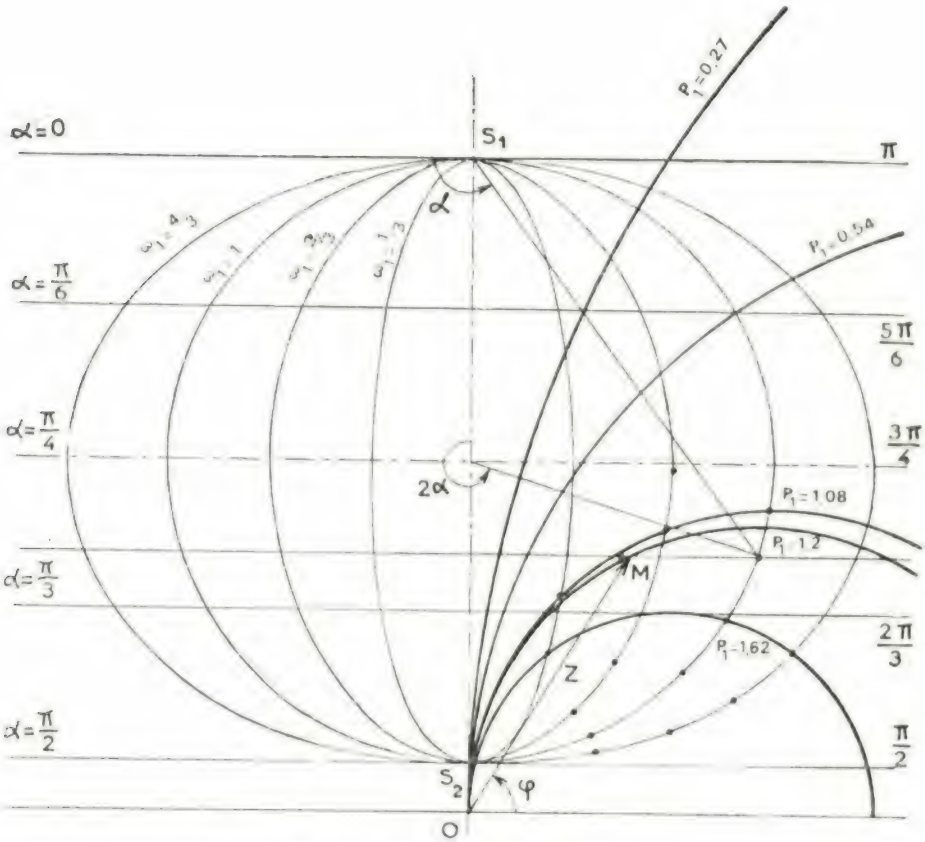


Fig. 3 — Graduation en puissance

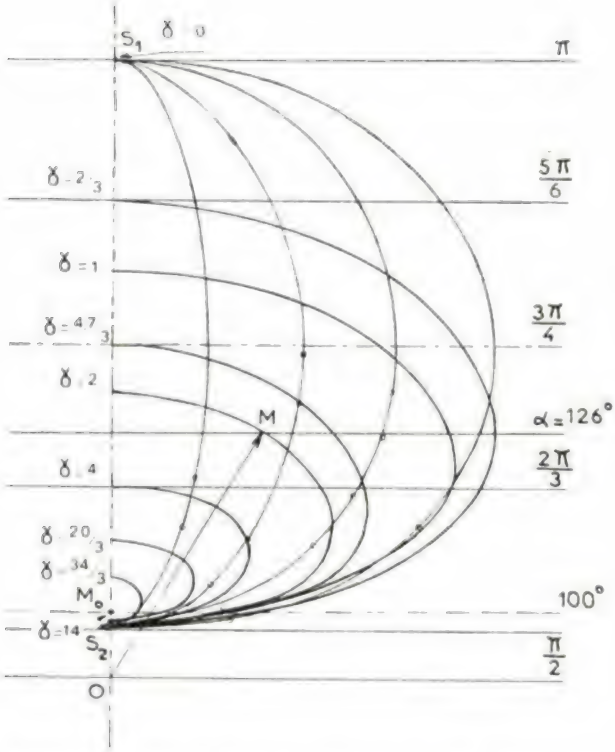


Fig. 4 — Moteur a repulsion. Graduation en couple. Courbes $\gamma = \text{cte}$

c — Enfin, les courbes 5 et 6 représentent les variations du couple réduit γ successivement en fonction de ω_1 et α.

Nous obtenons le maximum γ_{oM} pour $\cos 2\alpha_o = 0{,}95$ soit $\alpha_o \neq 100°$.

La courbe $\gamma_{oM} = 14{,}3$ est localisée au point $M_o\,(x_o\,,\,y_o)$ tel que $x_o = 0$ et $y_o \neq 0{,}101$. Les pentes aux points $\alpha = \frac{\pi}{2}$ et π sont

$$\left(\frac{d\gamma}{d\alpha}\right)_{\alpha = \frac{\pi}{2}} \neq 162$$

$$\left(\frac{d\gamma}{d\alpha}\right)_{\alpha = \pi} \neq -0{,}924$$

Enfin, $\cos 2\alpha_M = 0{,}848$ soit $\alpha_M \neq 106°$ donne la position de l'asymptote du lieu de γ_M.

Sur chaque courbe, nous avons porté les points expérimentaux obtenus pour le fonctionnement du moteur en charge.

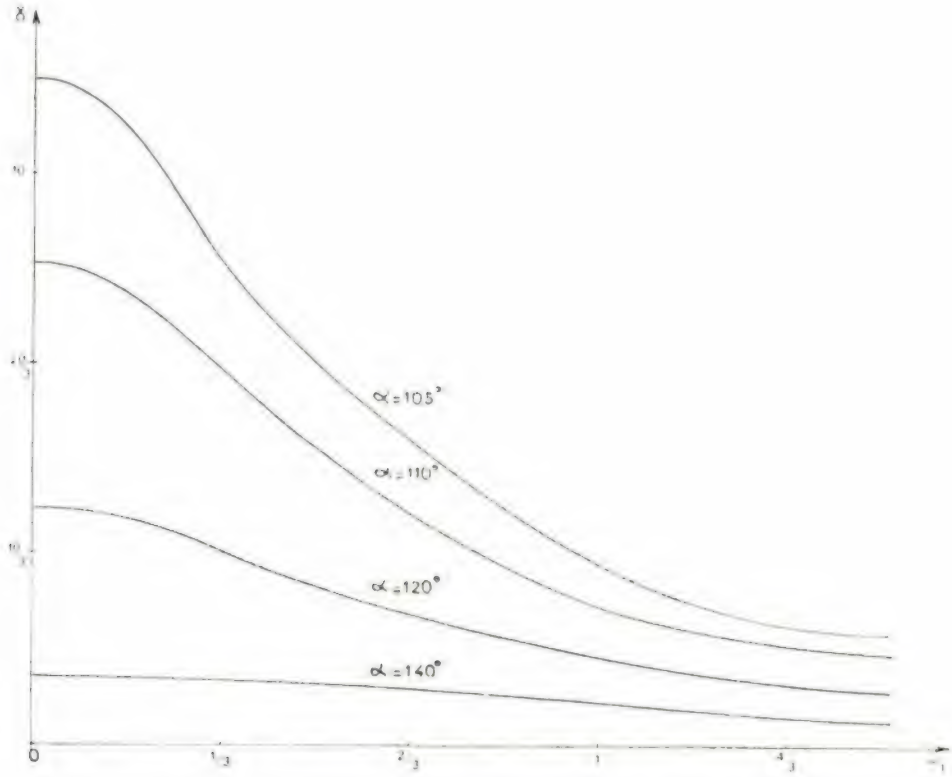


Fig. 5 — Variation du couple en fonction de la vitesse

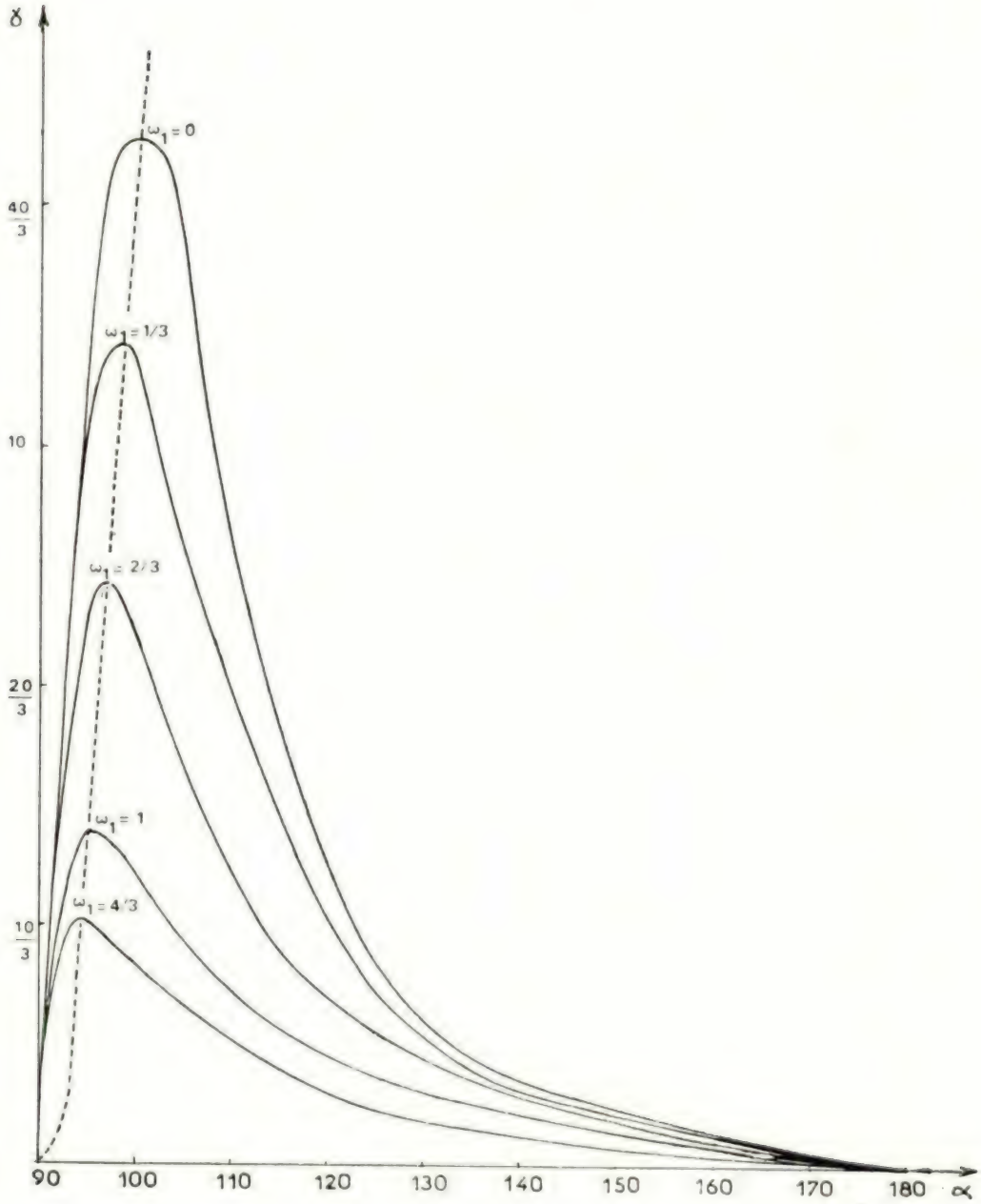


Fig. 6 — Variation du couple en fonction du décalage des balais

3) Résultats pour un point courant M.

Comparons par exemple les résultats d'un essai direct à ceux déduits des courbes pour un point M de fonctionnement particulier

		Essai direct	Essai indirect	Ecarts %
I_1	A	18,1	18,1	
V_1	V	110	110	
$\|Z\|$	Ω	6,1	6,1	
cos φ		0,530	0,530	
N	t/mn	1670	1650	1,3
P_1	W	1120	1100	2
Γ	J/rad	6,5	6,2	5
α	°	120	125	4

D'autres points ont été portés sur les graphiques.

CONCLUSION

La mesure des éléments constitutifs du moteur à répulsion nous a permis de représenter les variations de l'impédance réduite $\bar{z}$ en fonction des paramètres α et $\omega_1 = \frac{\Omega}{\omega}$.

Nous avons ensuite gradué le plan en puissance et en couple. Enfin, nous avons tracé les courbes donnant les variations du couple réduit γ en fonction de α et ω_1.

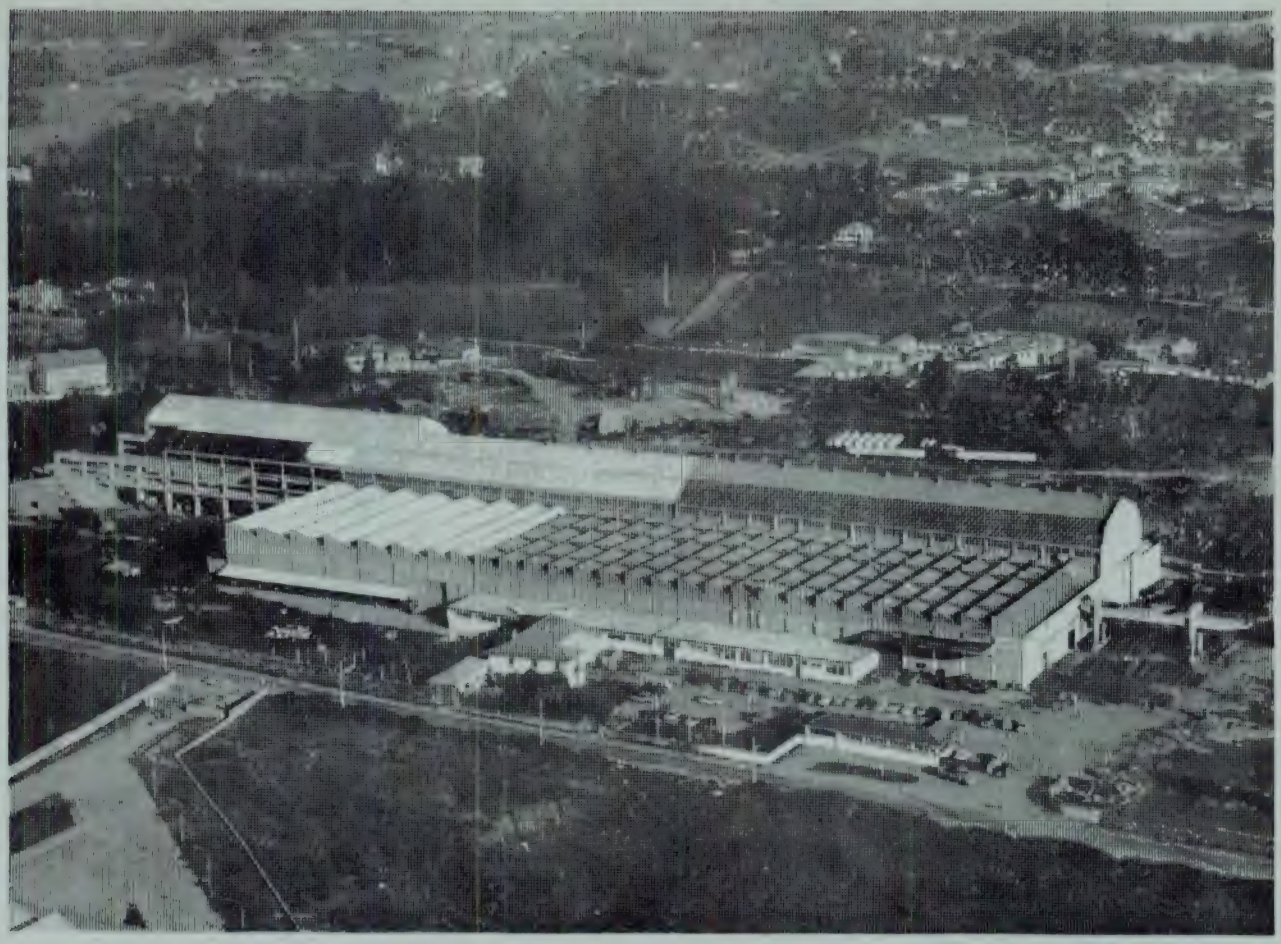
L'accord entre les déterminations graphique et expérimentale des caractéristiques du moteur est très satisfaisant.

Le diagramme d'impédance qui peut être utilisé pour tous les moteurs monophasés à collecteur [II] présente l'avantage d'une construction simple et les graduations en puissance et surtout en couple sont des compléments indispensables qui permettent son utilisation complète.

BIBLIOGRAPHIE.

[I]. E. GUDEFIN, Cours d'Electrotechni que professé à l'E.N.S.E.M. (non publié)

[II]. C. HUMBERT, Thèse de spécialité en Electrotechnique : «Etude comparative et expérimentale des moteurs à induction à vitesse variable», 1966, Nancy.



SEPSA — INSTALAÇÕES FABRIS — LEÇA DO BAILIO

- ALTERNADORES (de potência superior a 2000 kVA). COMPENSADORES SÍNCRONOS. MOTORES DE GRANDE POTÊNCIA (fabricação parcial).
- EQUIPAMENTOS PARA INDÚSTRIAS QUÍMICAS E PETROQUÍMICAS
  Tubagens, tremonhas, reactores, permutadores, cisternas, etc.
- EQUIPAMENTOS PARA INDÚSTRIAS PETROLÍFERAS
  Torres, balões, permutadores, filtros, aerorefrigerantes, tubagens, etc.
- EQUIPAMENTOS PARA INDÚSTRIAS CIMENTEIRAS
  Fornos, moinhos, separadores, arrefecedores, etc.
- RESERVATÓRIOS
  De tecto fixo e tecto flutuante, de alta e baixa pressão. Para gases liquefeitos. Gasómetros
- EQUIPAMENTOS DE MANUTENÇÃO E TRANSPORTE
  Elevadores de alcatruzes, elevadores de palhetas, transportadores de tela metálica e de borracha, contentores, etc.
- ESTRUTURAS METÁLICAS
  Pontes, cimbres, coberturas, pisos, edifícios industriais, etc.
- MONTAGENS PESADAS

SEPSA SOCIEDADE DE CONSTRUÇÕES ELECTRO-MECÂNICAS, S.A.R.L.
APARTADO 8 • LEÇA do BAILIO • TELEX SEPSA P 2616

INDUSTRIAIS TEXTEIS

PARA OS VOSSOS MANCHONS, FLANELAS, TRANSPORTADORES, E TODOS OS TECIDOS TÉCNICOS

EM FIBRAS NATURAIS OU SINTÉTICAS

Consultem:

FANAFEL

FÁBRICA NACIONAL DE FELTROS INDUSTRIAIS
SOCIEDADE LIMITADA

APART.: 9
TELEF.: 52091 PBX
TELEG.: FELTROS

OVAR
PORTUGAL

ESCRITÓRIO E FÁBRICA
ESTRADA DE S. JOÃO

Empresa Ultramarina de Sondagens e Fundações, L.da

(SONDADORA)

SONDAGENS geológicas e geotécnicas — CAPTAÇÕES de águas subterrâneas — REBAIXAMENTOS do nível freático — CONSOLIDAÇÕES E ESTABILIZAÇÃO do solo — INJECÇÕES DE CIMENTO e outros produtos — INFRAESTRUTURAS de barragens, túneis e pontes — FUNDAÇÕES de todos os tipos

Única Empresa da especialidade com sede no Ultramar Português

DELEGAÇÃO - LISBOA
R.S.Pedro de Alcântara, 1
Tel. 32 46 93 e 21 32 56

SEDE - LUANDA
Rua Serpa Pinto, 60
C.P.2178 - Tel.4226

MOÇAMBIQUE
L.Marques - C.P.982 - Tel.741121
Beira - C.P. 1002 - Tel. 71497

C. D. U. 551.482.212.3:532.543

EVOLUÇÃO E POSIÇÃO ACTUAL DOS CONCEITOS SOBRE TRANSPORTE SÓLIDO EM ESCOAMENTOS COM SUPERFÍCIE LIVRE

por L. VEIGA DA CUNHA
Engenheiro Civil (IST) do
Serviço de Hidráulica do LNEC

RESUMO

Os escoamentos com fundo móvel têm comportamento mais complexo que os escoamentos com fundo fixo, em resultado da acção reciproca entre o escoamento e a sua fronteira. Essa complexidade tem dificultado a codificação dos problemas e a formulação de um corpo coerente de doutrina, com base matemática definida, para a hidráulica dos escoamentos com fundo móvel. No entanto, no estado actual do conhecimento, considerou-se possível e oportuno realizar uma síntese e interpretação comparativa dos estudos conhecidos mais significativos que têm sido elaborados sobre problemas de transporte sólido em escoamentos unidirecionais com superfície livre.

Analisam-se e comparam-se as várias expressões que permitem determinar o caudal sólido por arrastamento, em suspensão e total, caracteriza-se o início do transporte sólido, definem-se as várias configurações de fundo que podem ter lugar nos escoamentos com fundo móvel, fornecem-se critérios para a sua caracterização e refere-se a influência que essas configurações têm na rugosidade dos leitos aluvionares. Finalmente apontam-se rumos prospectivos para o estudo dos problemas de transporte sólido.

SYNOPSIS

Flow in movable beds is more complex than flow in fixed beds, due to the interaction between the flow and its boundary. This complexity has brought difficulties to the establishment of a mathematically sound basis for the study of movable bed hydraulics. Nevertheless in the present status of knowledge it seems pertinent to prepare a synthesis and a comparative interpretation of the most significant studies available on sediment transportation in open-channel flow.

Some expressions for the computation of bed, suspended and total sediment load discharge are analysed and compared, including the study of incipient motion. Different bed features developed in movable bed flow are defined, criteria for their occurrence are discussed and the influence of these features on the alluvial bed roughness is referred. The paper ends by suggesting some future development lines for the study of sediment transportation problems.

SIMBOLOGIA

Nesta relação incluem-se apenas os símbolos que são utilizados no texto mais do que uma vez.

A — coeficiente de correlação entre u' e v'

c — concentração do material em suspensão

c_o — concentração do material em suspensão a uma distância do fundo y_o.

$C_w = \frac{\tau}{\gamma'_s d}$ — coeficiente da fórmula de White

d — dimensão de uma partícula sólida

$Fr = \frac{V}{\sqrt{gh}}$ — número de Froude

f — Factor de resistência de Darcy-Weisbach

f' — factor de resistência correspondente a rugosidade superficial

f'' — factor de resistência correspondente à rugosidade de forma

g — aceleração da gravidade

H — profundidade do escoamento

I — perda de carga por unidade de peso e de percurso (igual à inclinação da linha de energia nos casos com interesse prático).

I' — inclinação relativa à rugosidade superficial

I'' — inclinação relativa à rugosidade de forma

I_s — inclinação da superfície livre

K — constante de Von Karman

$K_s = \frac{V}{R^{2/3} I^{1/2}}$ — coeficiente de rugosidade de Strickler

$K_r = \frac{24}{d_{90}^{1/6}}$ — coeficiente de rugosidade correspondente ás partículas do fundo (d_{90} em metros)

k_s — rugosidade equivalente de Nikuradse

l — comprimento de mistura

q — caudal por unidade de largura

q_s — caudal sólido arrastado por unidade de largura

q'_s — caudal sólido arrastado por unidade de largura pesado submerso

q_{ss} — caudal sólido em suspensão por unidade de largura

q_{st} — caudal sólido total por unidade de largura

s — densidade do material sólido

R — raio hidráulico

R' — raio hidráulico relativo à rugosidade superficial

R'' — raio hidráulico relativo à rugosidade de forma

$Re = \frac{V_* d}{\nu}$ — número de Reynolds relativo à velocidade de atrito

u, v, w — componentes de velocidade num ponto segundo três direcções ortogonais x, y, z

$\bar{u}, \bar{v}, \bar{w}$ — valores médios das componentes u, v, w

u', v', w' — flutuações dos valores u, v, w

V — velocidade média do escoamento

V_c — velocidade crítica média de início de arrastamento

V_s — velocidade média de deslocamento do material transportado por arrastamento

$V_* = \sqrt{gHI}$ — velocidade de atrito junto ao fundo

V'_* — velocidade de atrito junto ao fundo relativa à rugosidade superficial

V''_* — velocidade de atrito junto ao fundo relativa à rugosidade de forma

v — velocidade num ponto do escoamento

w — velocidade de sedimentação

x — factor de correcção da expressão (2.4)

y_0 — distância do fundo a que é determinada a concentração c_0

$z = \frac{w}{K V_*}$ — expoente da fórmula de Rouse (5.4)

γ — peso específico do fluido

γ_s — peso específico do material sólido

$\gamma'_s = \gamma_s - \gamma$ — peso específico do material sólido submerso

δ — espessura da película laminar

ε_m — coeficiente de difusão da quantidade do movimento

ε_s — coeficiente de difusão dos sedimentos

ν — viscosidade cinemática do fluido

ρ — massa específica do fluido

τ — tensão tangencial média total

τ' — tensão tangencial média no fundo correspondente à rugosidade superficial

τ'' — tensão tangencial média no fundo correspondente à rugosidade de forma

τ_c — tensão tangencial crítica

τ_y — tensão tangencial num ponto do escoamento à distância y do fundo

$\Psi = \frac{(s-1)\, d}{\mu\, RI}$ — parâmetro de escoamento

$\Phi = \frac{q_s}{d^{3/2} \gamma_s \sqrt{g(s-1)}}$ — parâmetro de transporte sólido

1. INTRODUÇÃO

1.1 — Características dos escoamentos com fundo móvel

Os escoamentos com superfície livre podem processar-se em canais com fronteiras fixas ou móveis. Enquanto os fenómenos hidráulicos dos escoamentos com fronteiras fixas são susceptíveis de uma representação matemática bem definida, de acordo com as leis da hidrodinâmica, o mesmo não acontece nos escoamentos com fronteiras móveis, pois neste caso há uma influência recíproca entre o escoamento e a sua fronteira. Por isso é corrente dizer-se que os escoamentos com fronteiras móveis são *autores da sua própria geometria*.

Se se considerar um escoamento com superfície livre num canal com fundo móvel constituído por um dado material incoerente e se nesse canal se for aumentando progressivamente a velocidade do escoamento, verifica-se que a partir de certa altura o material do fundo começa a mover-se e é transportado no sentido do escoamento. O movimento do material é ùnicamente condicionado pelas características do escoamento e a quantidade de material sólido transportada na unidade de tempo — caudal sólido — será tanto maior quanto maior for também a velocidade do escoamento.

À medida que o material é transportado a superfície do fundo modifica-se, formando-se geralmente uma série de ondulações irregularmente distribuídas. Modifica-se portanto a forma da fronteira do escoamento e altera-se consequentemente a sua rugosidade, o que vai influir no escoamento do caudal líquido. Além disso, para

valores suficientemente elevados da velocidade do escoamento, algumas partículas do fundo podem entrar em suspensão, perturbando a intensidade e distribuição das acções turbulentas e influenciando também o escoamento.

Verifica-se pois uma acção recíproca entre os escoamentos líquido e sólido, condicionada por parâmetros relativos ao canal (geometria), ao escoamento (profundidade, perdas de carga), ao fluido (massa específica, viscosidade), ao material do fundo (massa específica, dimensões, forma) e às forças da inércia (aceleração da gravidade). A interacção entre os escoamentos líquido e sólido é um fenómeno que obedece a um mecanismo muito complexo ainda não totalmente conhecido e que não é actualmente susceptível de uma representação matemática definida.

Para completo esclarecimento do mecanismo dos escoamentos de fundo móvel torna-se necessário prosseguir com a investigação fundamental, na esteira dos numerosos estudos já realizados em diversas instituições, procurando simultâneamente melhorar os métodos de medição de caudal sólido na natureza, por forma a possibilitar a verificação das hipóteses formuladas. O interesse dedicado a estes problemas em todo o mundo continua a ser grande, e parece por isso perfeitamente sensato admitir-se que a hidráulica dos escoamentos de fundo móvel possa constituir dentro de alguns anos uma disciplina da hidráulica com um corpo coerente de doutrina que permita interpretar e prever completamente os respectivos fenómenos.

Note-se que se tem falado de escoamentos com *fundo móvel*, em vez de escoamentos com *fronteira móvel* como se referiu inicialmente. Adoptou-se a designação mais corrente que traduz afinal a circunstância de, nos escoamentos naturais em rios e canais, as margens serem muitas vezes fixas e apenas o fundo ser móvel. Aliás, mesmo quando tanto as margens como o fundo são de material incoerente, é geralmente a influência do fundo que condiciona mais decisivamente o escoamento.

1.2 — Modalidades de transporte sólido

É usual nos escoamentos com fundo móvel distinguirem-se duas modalidades de transporte sólido: por arrastamento e em suspensão. No transporte *por arrastamento* as partículas sólidas escorregam ou rolam sobre outras partículas que constituem o fundo. No transporte *em suspensão* as partículas deslocam-se no seio do escoamento sem contactar com o fundo.

Por vezes admite-se ainda uma modalidade intermédia de transporte, chamada *saltação*, em que as partículas são projectadas violentamente de baixo para cima até uma certa distância do fundo e seguem depois uma trajectória de descida suave que não é pràticamente perturbada pela turbulência do escoamento. Não se conhece completamente o mecanismo da projecção ascendente inicial, mas admite-se que esta seja devida a uma súbita redução de pressão junto do grão, à queda de outro grão na proximidade do que é projectado ou à sobreposição destes efeitos. Embora alguns autores como por exemplo DANEL et al., 1953 e YALIN, 1963 (1) atribuam importância relevante ao fenómeno da saltação, aceita-se em geral que nos casos correntes apenas importa considerar o transporte por arrastamento e em suspensão.

A velocidade das partículas transportadas por arrastamento é sempre muito menor do que a das transportadas em suspensão, aproximando-se esta da velocidade média do escoamento. Além disso as partículas em suspensão deslocam-se permanentemente e as partículas arrastadas movem-se de forma intermitente, alternando períodos de deslocamento com outros de repouso, em geral debaixo de outras partículas do fundo que entretanto se deslocaram.

A diferença de velocidades das partículas em suspensão e por arrastamento, aliada à circunstância de o transporte em suspensão se fazer em toda a secção do escoamento, enquanto o transporte por arrastamento se processa apenas numa camada relativamente delgada junto ao fundo, faz com que nos cursos de água naturais o caudal sólido em suspensão seja, de modo geral, consideràvelmente superior ao caudal sólido por arrastamento.

É a turbulência do escoamento que mantém o material em suspensão. As partículas são transportadas de baixo para cima quando a componente vertical da velocidade turbulenta é ascendente e maior do que a velocidade de sedimentação das partículas e transportadas

(1) Os nomes dos autores e as datas referem-se à bibliografia indicada no final.

de cima para baixo quando a componente vertical é descendente ou quando, embora ascendente, é inferior à velocidade de sedimentação.

Em consequência das variações locais da turbulência, algumas partículas ora são arrancadas ao fundo e transportadas em suspensão, ora se depositam no fundo e passam a ser transportadas por arrastamento. Na prática não é possível definir uma separação nítida entre as duas modalidades de transporte, pois na realidade estabelece-se uma continuidade entre o material transportado por arrastamento e em suspensão, reduzindo-se progressivamente a concentração deste último do fundo para a superfície.

Contudo algumas partículas mais finas podem ser transportadas sempre em suspensão, se não se encontrarem presentes no material do fundo partículas com as mesmas dimensões.

Em condições normais de escoamento fluvial é o material mais grosseiro, transportado por arrastamento ou alternadamente por arrastamento e em suspensão, que condiciona a morfologia dos leitos, enquanto o material fino que se deposita não tem pràticamente influência no comportamento dos cursos de água. Quando muito o material fino terá uma influência indirecta por provocar um certo amortecimento das acções turbulentas.

Nas albufeiras ou nos estuários as condições podem modificar-se completamente, assumindo o material fino um papel muito importante. No caso das albufeiras as diferenças de peso específico entre a água transportada pelo rio e as águas paradas da albufeira podem originar escoamentos estratificados geradores de deposições importantes. No caso dos estuários o contacto da água do rio com a água salgada pode provocar fenómenos de floculação que fazem sedimentar ràpidamente o material em suspensão.

1.3 — Equilíbrio dos escoamentos com fundo móvel e modificações do seu regime

Considere-se um canal com fundo móvel alimentado a montante com um certo caudal líquido e um certo caudal sólido e condicionado a jusante pela imposição de determinado nível da superfície livre. Verifica-se que, uma vez iniciado o escoamento no canal, a sua profundidade e a sua inclinação se vão modificando, até que, decorrido um tempo suficiente, se estabilizam em valores que possibilitam o transporte de todo o caudal sólido de alimentação. Isto é, ao fim de um tempo suficientemente longo acaba por se estabelecer um equilíbrio entre a capacidade de transporte desse escoamento e o afluxo por montante de material sólido.

Nos cursos de água naturais os caudais líquido e sólido não permanecem constantes e os níveis a jusante (condicionados por exemplo pela maré) também geralmente variam. As condições de fronteira são portanto variáveis e não se atinge por isso o equilíbrio perfeito. Costuma no entanto falar-se de *equilíbrio dinâmico* ou *equilíbrio de regime* quando o leito, embora sujeito a erosões ou depósitos provocados pelas variações das condições de fronteira, acaba por retomar cìclicamente uma topografia semelhante no final de períodos de variação das condições de fronteira.

De um modo geral pode-se dizer que a maior parte dos rios de planície está em equilíbrio na acepção indicada. Esse equilíbrio pode ser no entanto destruído por modificação das condições de alimentação de caudais líquidos e sólidos, por alteração das características do escoamento ou por modificação da geometria dos canais. O curso de água começará desde logo um processo de adaptação às novas condições, até que se atinja novo equilíbrio.

A possibilidade de prever as modificações a que ficarão sujeitos os cursos de água é um aspecto da maior importância para o projecto e exploração dos aproveitamentos fluviais.

Um exemplo clássico é a modificação do equilíbrio de um rio em consequência da construção de uma barragem. A montante da barragem deposita-se boa parte do material transportado pelo rio, verificando-se assim uma elevação do leito. A jusante da barragem a capacidade de transporte do rio passa a ser superior ao afluxo aluvionar e há tendência para erosão com aprofundamento do leito, o que pode ter consequências funestas, sobretudo se ocasionar a infraescavação de estruturas, como por exemplo pilares de pontes, tomadas de água e obras de protecção marginal.

Por outro lado a influência da albufeira na regularização dos caudais e até a eventual redução do volume de água escoado, se houver por exemplo derivações para rega, reduzem a capacidade de transporte absoluta do rio e é possível que mais a jusante da zona em que se veri-

ficam as erosões o rio não tenha possibilidade de transportar o caudal sólido afluente da parte da bacia não dominada pela barragem. Verificar-se-ão assim depósitos, que poderão ser agravados se, após algum tempo, os assoreamentos ocorridos na albufeira determinarem um aumento do caudal sólido que transpõe a barragem.

Outro exemplo que ocorre frequentemente, é a alteração do regime de um rio resultante da arborização da bacia, a qual tem sempre uma influência muito mais considerável na redução do caudal sólido do que na redução do caudal líquido. A redução da quantidade de material a transportar é assim muito maior do que a da capacidade de transporte e é portanto natural que ocorram erosões, ao longo do leito dos rios em cujas bacias se procede a uma arborização intensa.

Quando se trata de rios que se dividem em dois ou mais braços ou de rios com deltas, a influência do transporte sólido no seu regime é mais difícil de controlar. Raramente se estabelece um equilíbrio em todos os braços. Se num determinado braço a capacidade de transporte for superior à alimentação de caudal sólido haverá tendência para um aprofundamento do leito, o que por sua vez determinará a passagem de mais caudal por esse braço e a consequente redução do caudal nos outros, onde provàvelmente ocorrerão depósitos.

Mais complexo ainda é o problema da evolução dos fundos nos rios com influência de maré. Neste caso sobrepõe-se o efeito de uma corrente fluvial, de sentido único, e de uma corrente de maré que muda periòdicamente de sentido. A importância relativa dos caudais fluviais e de maré, a possibilidade de entrada de transporte sólido litoral pela embocadura e a existência de suspensões coloidais transportadas pelos rios e sujeitas a flocularem ao contacto com a água salgada são factores que podem influir mais ou menos preponderantemente na evolução dos fundos e que aumentam muito a complexidade dos fenómenos.

Pode dizer-se que os problemas de transporte sólido estão presentes em todos os estudos fluviais e intervêm nos múltiplos aspectos que os aproveitamentos fluviais podem apresentar: produção de energia, irrigação e drenagem, controle de cheias, navegação em rios e estuários, fixação de leitos, abastecimento de águas, controlo de poluição e de qualidade de água, pesca, recreio e conservação do solo e da vegetação da bacia.

Para além dos aproveitamentos fluviais, o transporte sólido tem também importância noutros campos, como por exemplo na engenharia costeira, nos canais artificiais com fundo móvel, no transporte de materiais sólidos em escoamentos em pressão e nos processos de decantação.

É evidente portanto o transcendente interesse que há em conhecer as leis do transporte sólido e em poder prever as modificações dos leitos, sendo plenamente justificados os esforços que se têm vindo a realizar nesse sentido.

1.4 — Objectivos e âmbito do presente estudo

Se bem que o interesse do homem pelos problemas fluviais date de épocas muito remotas, só no final do século XIX ocorreram as primeiras tentativas para os estudar de forma sistemática. Começava assim a tomar forma a *via empírica* do estudo dos escoamentos com fundo móvel, que a partir da observação do comportamento de um grande número de rios e canais procurava estabelecer regras para o projecto de novos canais. As doutrinas que se filiam nesta via empírica reúnem ainda hoje adeptos fervorosos e são conhecidas pela designação geral de *teorias de regime*.

No século XX surgiu uma nova via para o estudo dos problemas fluviais, que se pode chamar *via racional*, por procurar estabelecer as leis físicas que determinam o mecanismo do tranporte sólido. Os investigadores que seguem esta via baseiam-se nòrmalmente em ensaios de laboratório e em considerações de análise dimensional, procurando estabelecer relações entre os parâmetros que regem a acção recíproca do escoamento e das partículas sólidas transportadas.

A tendência actual dentro da via racional é começar por estudar o problema analiticamente, com base nos conhecimentos da mecânica dos fluidos, e recorrer a ensaios laboratoriais para definir os coeficientes e as constantes que intervêm nas relações analíticas deduzidas. Sempre que possível procura-se uma confirmação dos resultados através de observações em protótipos, as quais, contudo, em relação aos problemas fluviais, são normalmente dispendiosas e demoradas.

Modernamente a via racional procura lançar mão de uma nova ferramenta matemática que

o recente progresso dos computadores tornou utilizável: os processos estocáticos. Por um lado os processos estocáticos são um instrumento poderoso na elaboração e análise dos dados relativos ao transporte sólido e por outro adaptam-se especialmente bem ao estabelecimento de modelos matemáticos de fenómenos físicos aleatórios como são os do transporte sólido.

O objectivo deste trabalho é procurar fazer o ponto das aproximações mais importantes que seguem a via racional para estudar o transporte sólido em escoamentos de sentido único e com superfície livre.

Não se tem a pretensão de esgotar o assunto, analisando a totalidade dos numerosíssimos estudos realizados. Deseja-se sòmente procurar uma síntese que mostre o caminho já percorrido, esclareça o significado dos conceitos actuais e faça luz sobre as suas potencialidades para indicar rumos futuros. Os engenheiros que se dedicam à hidráulica fluvial e os investigadores que se preocupam com os problemas de transporte sólido serão os melhores juízes para avaliar da utilidade deste trabalho que lhes é dedicado.

No passado foram já realizadas tentativas de sintetização dos conhecimentos sobre transporte sólido, dentre as quais se destacam os trabalhos de CHIEN, 1954 pelo pioneirismo e pelo poder de síntese revelado, de VANONI et al., 1961 pelas características didáticas da obra e de LENCASTRE, 1954 por se tratar de uma publicação em português. No entanto o facto de estes trabalhos se encontrarem já desactualizados ou incompletos parece justificar a oportunidade da presente publicação, enquanto não é editado um livro de texto sobre transporte sólido cuja falta se faz manifestamente sentir.

Este trabalho não se propõe tratar a via empírica do estudo dos problemas de transporte sólido. Apesar de se considerar que esta via empírica, no estado actual dos conhecimentos, pode ser ainda um valioso auxiliar para os engenheiros projectistas, não se julgou recomendável alongar o texto com o estudo das várias *teorias de regime* que têm sido propostas. Citam-se apenas, para orientação dos interessados, algumas das teorias de regime mais aceites que são as de LACEY, 1929, LACEY, 1958 e BLENCH, 1957, entre as análises clássicas, e as de LEOPOLD e MADDOCK, 1953 e SIMONS e ALBERTSON, 1960 entre as menos conhecidas, mas nem por isso menos meritórias. Note-se contudo, a propósito, que a aplicação das teorias de regime pressupõe um perfeito conhecimento das condições para as quais foram estabelecidas aquelas teorias e a comparação dessas mesmas condições com as de cada caso particular.

Como se indicou referem-se apenas os problemas relativos aos escoamentos de sentido único com superfície livre. Não se estudam portanto os problemas de transporte sólido em estuários (com influência de maré), de transporte sólido litoral (com influência da onda) e de transporte sólido nos escoamentos em pressão.

Neste estudo deixam-se de lado também alguns aspectos do problema do transporte sólido que, apesar de se resvestirem do maior interesse no campo das aplicações, não podem ser abordados em virtude da necessidade de limitar o assunto. Referem-se entre estes problemas a rugosidade dos leitos de fundo móvel, as teorias dos canais estáveis, os problemas das erosões localizadas, a sedimentação nas albufeiras e nos estuários, os problemas de semelhança de transporte sólido e do estudo dos modelos de fundo móvel e a medição de caudal sólido.

2. HIDRÁULICA DOS ESCOAMENTOS COM FUNDO MÓVEL

2.1 — Lei de distribuição de velocidades

Como se viu, considera-se estável um escoamento com fundo móvel quando se estabelece um equilíbrio entre a capacidade de transporte e o caudal sólido. Nestas circunstâncias o escoamento é uniforme ou quase uniforme e fica caracterizado desde que se defina uma lei de distribuição de velocidades e uma lei de perda de carga.

A expressão introduzida por PRANDTL, 1926 que dá a tensão tangencial em qualquer ponto de um escoamento turbulento em contacto com uma superfície sólida, é:

$$\tau_y = \rho\, l^2 \left(\frac{du}{dy} \right)^2 \qquad (2.1)$$

onde $\frac{du}{dy}$ [1] é o gradiante de velocidades à dis-

[1] — O significado dos símbolos que intervêm nas fórmulas indica-se na altura em que estes são referidos pela primeira vez e também na simbologia apresentada no início, desde que sejam utilizados mais do que uma vez.

tância y da superfície sólida, ρ é a massa específica do fluido e l um comprimento característico, chamado *comprimento de mistura*, que se admite proporcional a y.

Considerando $\tau_y = \tau$, tensão tangencial no fundo, a expressão (2.1) pode escrever-se

$$du = \frac{V_*}{K} \frac{dy}{y} \qquad (2.2)$$

onde $V_* = \sqrt{\frac{\tau}{\rho}}$ se chama *velocidade de atrito junto ao fundo*, e $K = \frac{l}{y}$ é a *constante de Von Karman*, cujo valor depende da turvação e é igual a 0,4 para água límpida. $\tau = \gamma HI$ é a *tensão tangencial no fundo*, γ o peso específico do fluido, R o raio hidráulico e I a perda de carga por unidade de peso e de percurso que nos casos com interesse prático é igual à inclinação da linha de energia.

Integrando a expressão (2.2) obtém-se:

$$u = \frac{2.3}{K} V_* \log \frac{y}{yo} \qquad (2.3)$$

que é a expressão da *lei universal de distribuição de velocidades de Von Karman*.

EINSTEIN, 1950 verificou que a lei de Von Karman se adaptava particularmente bem à descrição dos escoamentos com fundo móvel, se se tomasse para a constante da integração y_0 o valor proposto por KEULEGAN, 1938

$$y_0 = \frac{k_s}{30{,}2\, x}$$

onde k_s é a rugosidade equivalente de Nikuradse do leito, x uma função de $\frac{k_s}{\delta}$ representada na fig. 1 e δ a espessura da película laminar junto a uma parede lisa.

Substituindo o valor de y_0 indicado, a expressão (2.3) transforma-se em

$$u = \frac{2{,}3}{K} V_* \log \frac{30{,}2\, x\, y}{k_s} \qquad (2.4)$$

Esta lei não é válida na vizinhança imediata da fronteira, isto é, no interior da película laminar

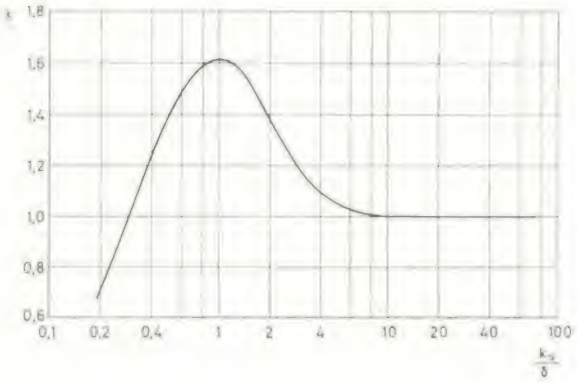


Fig. 1 — Variação do factor de correcção x da expressão (4) com $\frac{k_s}{\delta}$

onde a velocidade varia linearmente com a distância à parede. No entanto nos escoamentos com fundo móvel a espessura da película laminar,

$$\delta = \frac{11{,}6\, \nu}{V_*} \qquad (2.5)$$

onde ν é a viscosidade cinemática da água, tem sempre valores muito pequenos e por isso basta utilizar a expressão (2.4) nos casos com interesse prático.

A partir da lei de distribuição de velocidades (2.3) ou (2.4) é possível determinar a distância ao fundo y para a qual a velocidade u é igual à velocidade média do escoamento V. Exprimindo y em função do raio hidráulico R como fez KEULEGAN, 1938 a expressão (2.4) transforma-se em

$$V = \frac{2{,}3}{K} V_* \log \frac{12{,}27\, R\, x}{k_s} \qquad (2.6)$$

Esta expressão é correntemente utilizada sob a forma

$$\frac{V}{V_*} = 5{,}75 \log \frac{12\, R}{k_s} \qquad (2.7)$$

que corresponde ao caso do escoamento turbulento rugoso (como se vê na fig. 1, $x \approx 1$ para $\frac{k_s}{\delta} > 5$) e com água límpida ($K = 0{,}4$). A consideração do factor 12 em vez de 12,27 é uma simplificação aceitável em face do rigor com que se conhece k_s nos escoamentos com fundo móvel e da circunstância de aquele factor intervir através do seu logarítmo.

STRICKLER, 1923 definiu experimentalmente uma relação entre o coeficiente K_s da conhecida fórmula

$$V = K_s R^{2/3} I^{1/2} \tag{2.8}$$

e a rugosidade de Nikuradse k_s, tendo verificado que para valores de $4 < \frac{R}{k_s} < 2000$ aquela relação tinha um valor constante

$$K_s = \frac{24}{k_s^{1/6}}$$

Substituindo este valor na fórmula (2.8) de Strickler e dividindo por $V_* = \sqrt{g R I}$ obtém-se

$$\frac{V}{V_*} = 7{,}66 \left(\frac{R}{k_s}\right)^{1/6} \tag{2.9}$$

Esta expressão é mais simples do que a expressão (2.7) e conduz, na maioria dos casos reais ($4 < \frac{R}{K_s} < 2000$), pràticamente aos mesmos valores.

Note-se que em virtude de ser

$$\frac{V}{V_*} = \sqrt{\frac{8}{f}}$$

onde f é o *factor de resistência de Darcy-Weisbach*, as expressõs (2.7) e (2.9) também se podem escrever por forma a fornecerem directamente o valor daquele factor.

2.2 — Perdas de carga nos escoamentos com fundo móvel.

Sabe-se que, quando se sobrepõem dois ou mais sistemas de rugosidades num escoamento, as contribuições de cada um dos sistemas podem ser calculadas separadamente e adicionadas em seguida para determinar o valor total da perda de carga.

Se se traduzir a influência da rugosidade pela tensão tangencial que se desenvolve no fundo pode eserever-se

$$\tau = \sum_{1}^{n} \tau_j \tag{2.10}$$

sendo τ_j a tensão tangencial, correspondente a cada uma das n rugosidades e $\tau = \gamma R I$ a tensão tangencial média total.

A equação (2.10) pode também ser expressa em função do factor resistência de Darcy-Weisbach f. Se se atender a que a relação entre τ e f é

$$f = \frac{8\tau}{V^2 \rho}$$

obtém-se

$$f = \sum_{1}^{n} f_j \tag{2.11}$$

Nos escoamentos aluvionares costumam considerar-se separadamente as resistências ao escoamento correspondentes às margens e ao fundo, decompondo-se ainda esta última na resistência devida à rugosidade dos grãos ou *rugosidade superficial* e na devida às configurações que o material móvel forma quando há transporte sólido ou *rugosidade de forma*.

A expressão (2.10) pode pois escrever-se

$$\tau = \tau_m + \tau_f = \tau_m + \tau' + \tau''$$

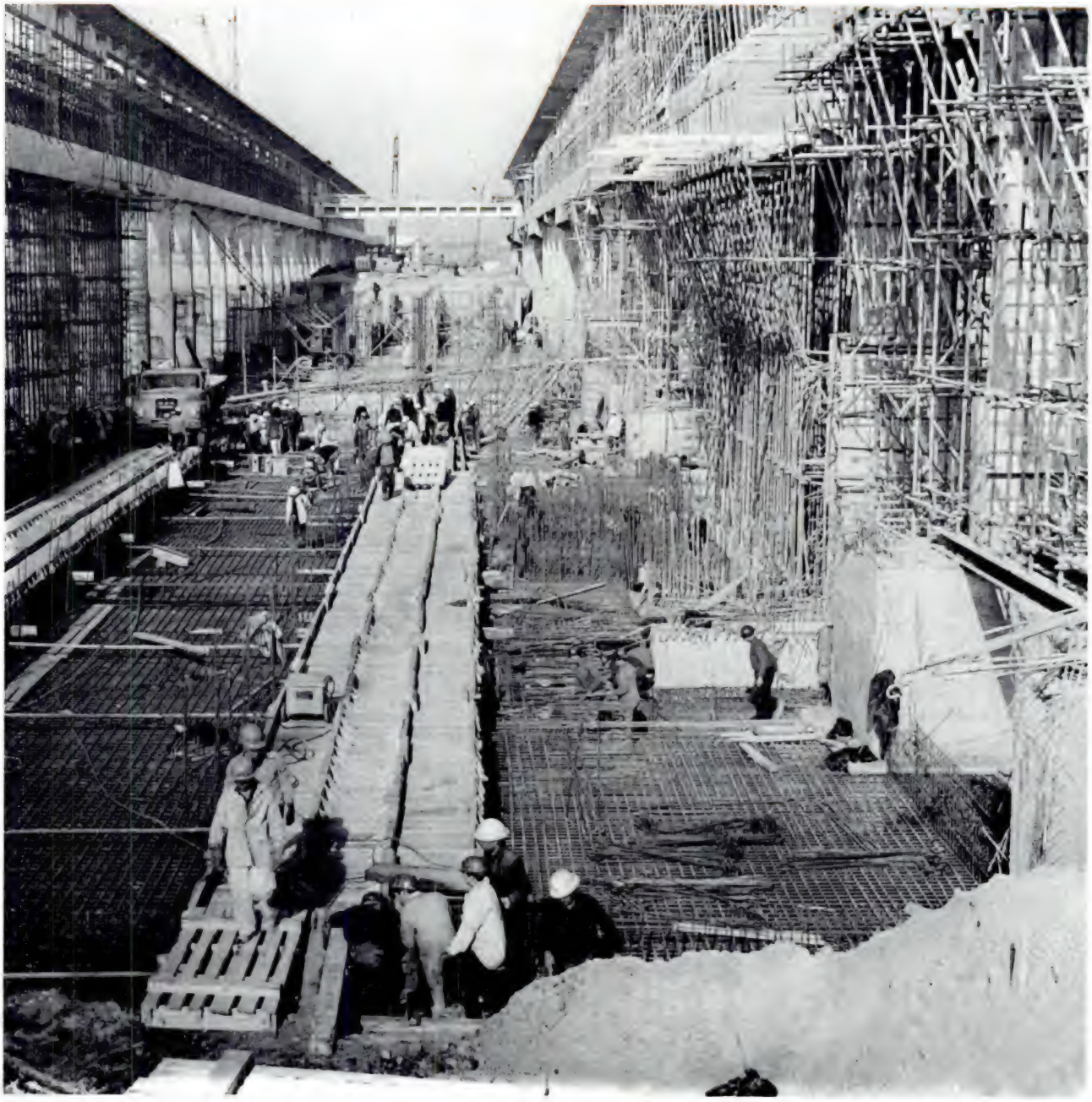
onde τ_m é a tensão tangencial nas margens e τ_f a tensão tangencial no fundo que se pode decompor nas parcelas τ' correspondente à rugosidade superficial e τ'' correspondente à rugosidade de forma. Do mesmo modo a expressão (2.11) pode escrever-se

$$f = f_m + f_f = f_m + f' + f''$$

sendo o significado das letras análogo.

CONSTRUÇÕES TÉCNICAS, LDA.

PRAÇA DO MUNICÍPIO, 13-3º TELEF. 366506 LISBOA 2 • DELEGAÇÕES: CABO VERDE · ANGOLA · MOÇAMBIQUE

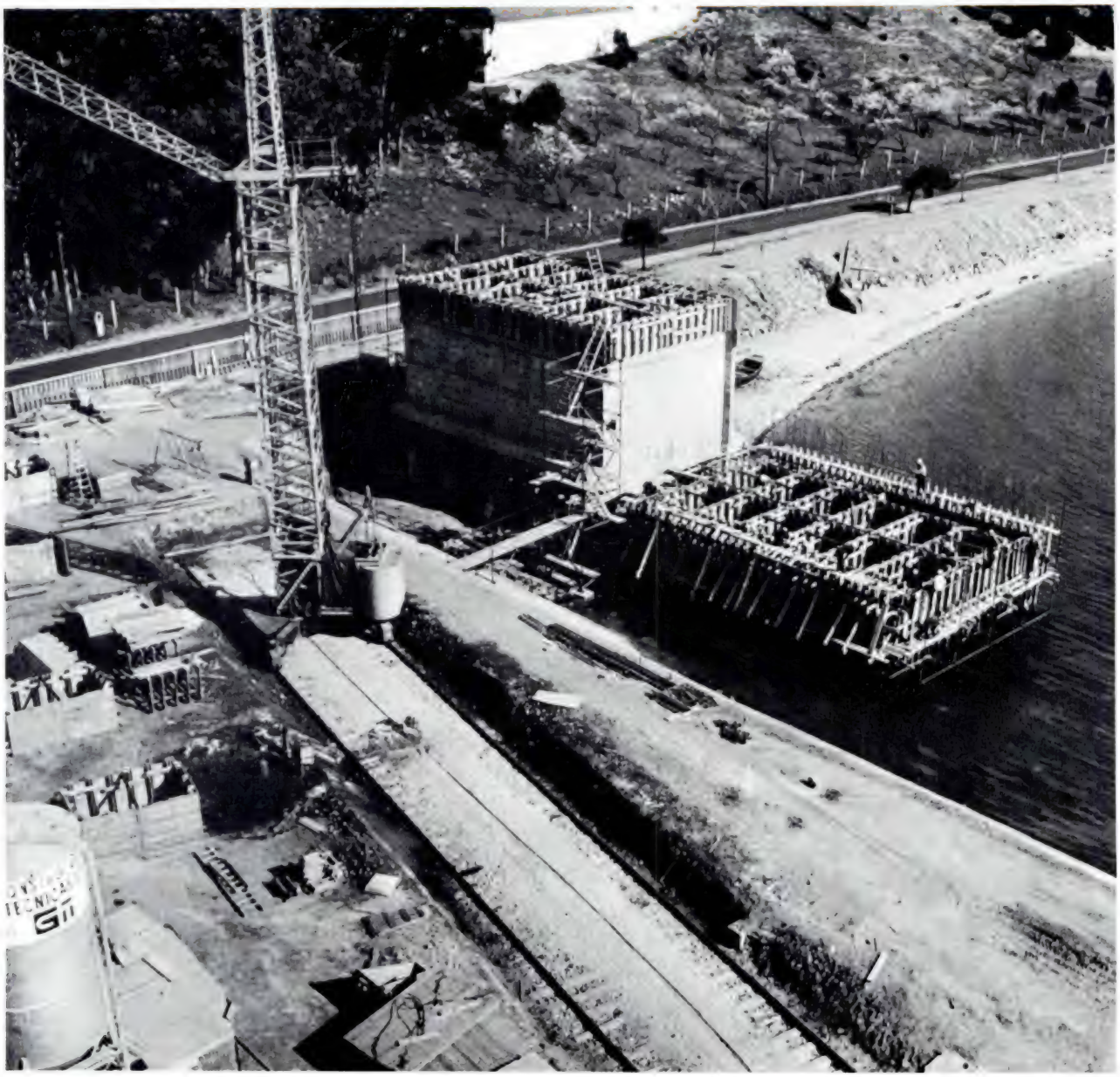


SIDERURGIA NACIONAL — Seixal — Estruturas da Instalação de Laminagem (2.ª fase) — Grandes Naves Fabris.

PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA
OBRAS MARÍTIMAS E PORTUÁRIAS
SILOS E CHAMINÉS
FUNDAÇÕES ESPECIAIS
PONTES E VIADUTOS
CONSTRUÇÕES INDUSTRIAIS

CONSTRUÇÕES TÉCNICAS, LDA.

PRAÇA DO MUNICÍPIO, 13-3º TELEF. 366506 LISBOA 2 • DELEGAÇÕES: CABO VERDE · ANGOLA · MOÇAMBIQUE



MINES D'ALJUSTREL — Setúbal (Cachofarra) — Carreiras de construção de caixotões flutuantes para a execução de um cais de carga de minérios, no Sado

PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA
OBRAS MARÍTIMAS E PORTUÁRIAS
SILOS E CHAMINÉS
FUNDAÇÕES ESPECIAIS
PONTES E VIADUTOS
CONSTRUÇÕES INDUSTRIAIS

A resistência das margens varia em geral pouco com o regime de escoamento, dependendo do material que as constitue ou da natureza da sua cobertura vegetal. Se o canal for largo, como acontece geralmente nos cursos de água naturais com fundo móvel, interessa fundamentalmente a resistência do fundo e pode-se por isso escrever

$$\tau = \tau' + \tau'' \quad \text{ou} \quad f = f' + f''$$

MEYER-PETER e MÜLLER, 1948 propuseram a decomposição da inclinação total

$$I = I' + I''$$

de forma que

$$\tau' = \gamma R I' \quad \text{e} \quad \tau'' = \gamma R I''$$

$$\text{ou} \quad f' = \frac{8g\,RI'}{V^2} \quad \text{e} \quad f'' = \frac{8g\,RI''}{V^2}$$

Outros autores, entre os quais pela primeira vez EINSTEIN, 1950 preferem decompor o raio hidráulico

$$R = R' + R''$$

sendo então

$$\tau' = \gamma R' I \quad \text{e} \quad \tau'' = \gamma R'' I$$

$$\text{ou} \quad f' = \frac{8g\,R'I}{V^2} \quad \text{e} \quad f'' = \frac{8g\,R''I}{V^2}$$

Se bem que a decomposição da inclinação seja mais sugestiva, o certo é que a decomposição do raio hidráulico é mais aceite, talvez porque foi adoptada no método apresentado por EINSTEIN e BARBAROSSA, 1952, para calcular curvas de vazão em canais aluvionares e por este método ter sido até há pouco tempo o único pràticamente utilizado.

Os termos τ' e f' participam directamente no transporte do material móvel e costumam por isso designar-se por *tensão tangencial efectiva* e *factor de resistência efectivo*.

Os termos τ'' e f'' correspondem à energia dissipada nas configurações do fundo e têm valores muito variáveis com as características dessas configurações, as quais dependem do regime do escoamento.

Esta variação de f'', e portanto do factor de resistência total f com o regime do escoamento, está intimamente relacionada com o aliciante problema da determinação de curvas de vazão em leitos com fundo móvel, que aqui não é possível abordar sem por demais alongar este trabalho. Remete-se contudo o leitor interessado para EINSTEIN e BARBAROSSA, 1952 ou ALAM et al., 1966 entre as referências mais úteis.

Do mesmo modo que se fez a decomposição de τ e de f também é possível decompor a velocidade de atrito junto ao fundo V_*. As equações (2.7) ou (2.9) podem escrever-se em relação à velocidade $V'_* = \sqrt{\frac{\tau'}{\rho}} = \sqrt{g\,R'\,I}$ com a seguinte forma:

$$\frac{V}{V'_*} = \sqrt{\frac{8}{f'}} = 5{,}75 \log \frac{12\,R'}{k_s} \qquad (2.12)$$

$$\frac{V}{V'_*} = \sqrt{\frac{8}{f'}} = 7{,}66 \left(\frac{R'}{k_s}\right)^{1/6} \qquad (2.13)$$

Em relação a $\frac{V}{V''_*}$ é possível estabelecer expressões equivalentes.

2.3 — Turbulência

A turbulência é o factor preponderante no transporte dos sedimentos em suspensão e por isso justifica-se uma breve referência a alguns conceitos fundamentais. Como se sabe, num escoamento turbulento permanente a velocidade está em cada ponto sujeita a flutuações temporais tanto de intensidade como de direcção. Esta variação pode exprimir-se quantitativamente, representando as componentes da velocidade, num sistema de coordenadas triortogonais por:

$$u = \bar{u} + u' \qquad v = \bar{v} + v' \qquad w = \bar{w} + w'$$

Os termos $\bar{u}$, $\bar{v}$ e $\bar{w}$ são os valores médios das respectivas componentes e os termos u', v' e w' são as flutuações, cujo valor médio no tempo é nulo. Nos escoamentos paralelos só interessa considerar as componentes:

$$u = \bar{u} + u' \qquad v = v'$$

A tensão tangencial num ponto de um escoamento nas condições referidas é dada pela equação de Reynolds:

$$\tau_y = -\rho \overline{u' v'} \qquad (2.14)$$

É possível definir uma correlação entre os termos u' e v', sendo A o correspondente coeficiente de correlação:

$$A = \frac{\overline{u' v'}}{\sqrt{\overline{u'^2}}\sqrt{\overline{v'^2}}} \qquad (2.15)$$

Verifica-se que o termo $\sqrt{\overline{u'^2}}$ se pode escrever sob a forma

$$\sqrt{\overline{u'^2}} = l \frac{\overline{du}}{dy} \qquad (2.16)$$

onde l é o comprimento de mistura de PRANDTL

Associando (2.15) e (2.16) a expressão (2.14) pode-se transformar em

$$\tau_y = -\rho A l \sqrt{\overline{v'^2}} \frac{\overline{du}}{dy}$$

ou

$$\tau_y = \varepsilon_m \frac{d(\rho \overline{u})}{dy} \qquad (2.17)$$

designando-se

$$\varepsilon_m = |A| \sqrt{\overline{v'^2}}\, l$$

por *coeficiente de difusão da quantidade de movimento.*

A tensão tangencial τ_y a uma distância y do fundo é como se sabe

$$\tau_y = \gamma I (H-y) \quad \text{ou} \quad \tau_y = \tau \frac{H-y}{H} \qquad (2.18)$$

sendo $\tau = \gamma HI$ a tensão tangencial no fundo.

Combinando as expressões (2.2), (2.17) e (2.18) obtém-se uma nova forma do coeficiente de difusão

$$\varepsilon_m = K V_* \frac{y}{H} (H-y) \qquad (2.19)$$

3. PROPRIEDADES DOS SEDIMENTOS QUE CONSTITUEM OS FUNDOS MÓVEIS

3.1 — Caracterização dos sedimentos relativamente à influência exercida na rugosidade e na mobilidade do fundo

Os sedimentos aluvionares são formados por grãos com dimensões, forma e peso específico variáveis. Entre estas propriedades são as dimensões que têm maior interesse para caracterizar a influência do material no escoamento, tanto no que respeita à rugosidade superficial do fundo, como à mobilidade do material.

A dimensão de uma partícula define-se normalmente pelo *diâmetro de peneiração* que é a dimensão da menor malha que deixa passar a partícula, mas também se pode definir pelo *diâmetro de sedimentação* que é o diâmetro da esfera de igual densidade que sedimenta com a mesma velocidade no mesmo fluido e à mesma temperatura ou ainda pelo *diâmetro nominal* que é o diâmetro da esfera com igual volume.

As dimensões de um sedimento formado por um conjunto de partículas podem caracterizar-se pela representação de uma curva granulométrica ou por um diâmetro característico, por exemplo o *diâmetro médio*, e pelo *desvio padrão.*

O peso específico dos sedimentos varia geralmente pouco, podendo adoptar-se sem erro sensível como valor de cálculo $\gamma_s = 2{,}65$ t/m^3.

Do ponto de vista da *rugosidade* do fundo interessam fundamentalmente as dimensões das partículas. Como se viu (equações (2.12) e (2.13), o parâmetro k_s define a rugosidade equivalente de Nikuradse que é igual ao diâmetro das partículas se estas forem esféricas e uniformes. Para os sedimentos naturais pode-se considerar k_s igual a d_{90} (diâmetro tal que 90 % do material tem dimensões inferiores) como fizeram MEYER-PETER e MÜLLER, 1948, igual a d_{65} como propôs EINSTEIN, 1950, ou igual a $2d_{65}$ de acordo com ENGELUND, 1966. Note-se que as diferenças resultantes de se tomar um ou outro dos diâmetros indicados para caracterizar a rugosidade são relativamente pequenas, em virtude de k_s intervir por intermédio do seu logarítmo.

Do ponto de vista da *mobilidade* do material de fundo interessa definir a dimensão do material que intervém nas fórmulas que permitem calcular

o caudal sólido e o início do transporte sólido [1]. MEYER-PETER e MÜLLER, 1948 recomendam o diâmetro médio d_m que na prática pouco difere de d_{50} e EINSTEIN, 1950 prefere utilizar d_{35}.

Para caracterizar os sedimentos do ponto de vista da sua mobilidade é também frequente recorrer à *velocidade de sedimentação* w pois este parâmetro é uma medida da energia dissipada no movimento relativo das partículas e do fluido traduzindo simultâneamente a influência das dimensões, forma e peso específico das partículas e ainda a da viscosidade e peso específico do fluido.

A determinação da velocidade de sedimentação de uma partícula faz-se em geral recorrendo a ábacos obtidos experimentalmente, que fornecem o valor da velocidade de sedimentação quando se conhece o diâmetro de sedimentação da partícula e a temperatura do fluido. VANONI et al., 1961, por exemplo, apresentam um ábaco para o cálculo de velocidades de sedimentação de partículas de quartzo na água e no ar.

Os referidos autores apresentam ainda outro ábaco que permite obter os diâmetros de sedimentação a partir dos diâmetros de peneiração, fazendo intervir o factor de forma

$$F = \frac{d_1}{\sqrt{d_2 d_3}}$$

onde d_1, d_2 e d_3 são, por ordem crescente dos respectivos valores, as dimensões das partículas medidas segundo direcções triortogonais.

Quando se tratar de definir velocidades de sedimentação relativas a sedimentos com granulometria não uniforme, devem estabelecer-se curvas de distribuição da velocidade de sedimentação a partir das quais se fixam os valores característicos mais convenientes, segundo um procedimento análogo ao adoptado em relação às curvas granulométricas.

3.2 — Segregação e desgaste dos sedimentos

É um facto de observação corrente que as dimensões do material que constitui o fundo móvel dos rios e canais tendem a diminuir gradualmente para jusante. Este facto deve-se por um lado à segregação de material e por outro ao seu desgaste.

A *segregação* verifica-se sempre que há modificação da capacidade de transporte, a qual tem geralmente tendência a diminuir para jusante. O *desgaste* é consequência da fricção das partículas umas contra as outras, quando se processa o transporte.

É difícil distinguir a importância relativa da segregação e do desgaste na redução das dimensões dos sedimentos. No entanto é lógico admitir que a segregação tem influência preponderante, quando a maior parte do material é transportado em suspensão, considerando-se que o desgaste só é relevante quando o transporte se processa fundamentalmente por arrastamento.

Sem fazer distinção entre os efeitos da segregação e do desgaste STERNBERG, 1875 estabeleceu uma fórmula que exprime a variação logarítmica do peso do grão com caminho percorrido

$$P = P_0 e^{-\alpha L}$$

onde P_0 é o peso inicial tomado para referência, P é peso do grão depois de um percurso L e α é um coeficiente que se designa por *coeficiente de desgaste* e que depende da forma e da natureza do material.

Se se preferir indicar a variação do diâmetro do grão, vem

$$d = d_0 e^{-\frac{\alpha L}{3}}$$

onde d_0 e d são respectivamente o diâmetro inicial e o diâmetro depois de um percurso L.

A lei logarítmica de variação do diâmetro com a distância tem sido verificada em numerosos rios e canais. Com base nestas observações e noutras feitas em laboratório, SCHOKLITSCH, 1950 elaborou uma tabela de valores do coeficiente de desgaste em função das característieas mineralógicas do material e da forma dos grãos.

(1) Ver 4.4 e 4.1

(Continua)

C. D. U. 621.311.5/91

ELEMENTOS SOBRE A PRODUÇÃO E O CONSUMO DE ENERGIA NA REDE ELÉCTRICA NACIONAL (*)

I — Breve nota mensal

As afluências ao conjunto do sistema produtor atingiram 1076 GWh, valor bastante acima da média e que tem uma probabilidade de ser excedido da ordem dos 26 %, correspondendo-lhe um coeficiente de produtibilidade hidroeléctrica de 1,25.

As afluências registadas desde o início do ano hidrológico (Novembro-Fevereiro) têm uma probabilidade hidroeléctrica de 1,25.

O armazenamento no conjento das albufeiras durante o mês de Fevereiro teve um acréscimo de 190 GWh, atingindo no fim do mês cerca de 1783 GWh, valor correspondente a 84 % do armazenamento máximo possível.

II — Elementos gerais (GWh)

	a) Mensais		Variação %
	1968	1969	
Produção hidráulica (P_h)	426,8	541,1	+ 27
Produção térmica (P_t)	59,7	17,1	— 71
Produção total (P_T)	486,5	558,2	+ 15
Energia recebida de empresas não pertencentes ao RNC (E_r)	4,3	5,0	+ 16
Exportações (Ex)	1,7	2,0	— 18
Importações (I)	13,5	2,5	— 81
Saldo importador (S_I)	+11,8	+0,5	— 96
Cons. em bomb. hidroelé. (C_b) (1)	1,7	22,8	—
Produção para consumos perman. (P_{cp})	461,3	489,5	(1) + 6,1
Produção para consumos não perman. (P_{cnp})	39,6	51,4	+ 30
Total	502,6	563,7	+ 12
Coeficiente de hidraulicidade	1,21	1,25	—

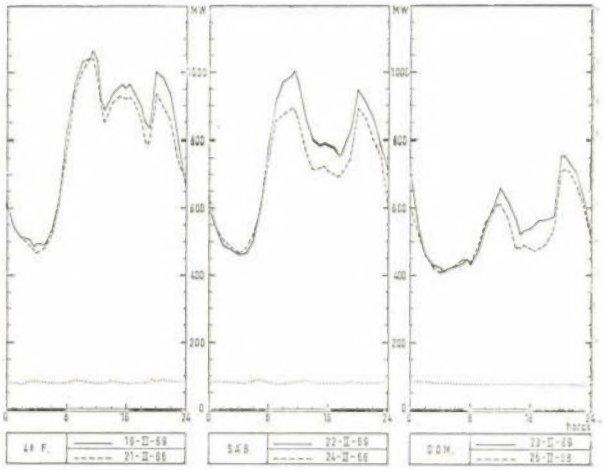
NOTA:

(1) O aumento percentual da produção para consumos permanentes, tendo em conta a incidência dos domingos e dias especiais é respectivamente de 8,8 e 7,5 %.

III — Diagramas de carga dos dias característicos

			4.ª feira:	
			1968	1969
Produção hidráulica		(P_h) MWh	17 941	19 764
Produção térmica		(P_t) MWh	1 013	700
Produção total		(P_T) MWh	18 954	20 464
Trocas com Espanha	Export.	(Ex) MWh	0	40
	Import.	(I) MWh	0	120
Cons. em bomb. hidroel.		(C_b) MWh	0	750
Prod. p.ª cons. perm.		(P_{cp}) MWh	16 863	17 933
Prod. p.ª cons. não perm.		(P_{cnp}) MWh	2 091	1 661
TOTAL		$P_T + (-Ex)$ MWh	18 954	19 794
Características dos diagramas	$P_T + (I-Ex)$	Potência máx. MW	1 044	1 063
		Potência mín. MW	466	486
		Utiliz. da ponta horas	18,2	18,6
		Factor de carga	0,76	0,78
	P_{cp}	Potência máx. MW	966	983
		Potência mín. MW	369	407
		Utiliz. da ponta horas	17,5	18,2
		Factor de carga	0,73	0,76

FEVEREIRO



IV — Energia armazenada nas principais albufeiras

Albufeiras:	No fim do mês	
	GWh	% (1)
Alto Rabagão	571,3	58,7
Paradela	202,7	91,1
Venda Nova	106,6	83,3
Salamonde	23,3	84,4
Caniçada	26,0	78,5
Vilar	99,8	99,2
Cabril	298,6	88,0
Castelo do Bode	144,2	88,5
Guilhofrei	8,2	98,8
Lagoa Comprida	36,5 (2)	97,4
Santa Luzia	50,4	81,8
Pracana	12,0	93,0
Póvoa	12,7 (3)	96,2
Total { com A. Rabagão	1592,3	75,0
Total { sem A. Rabagão	1021,0	88,8

NOTAS

(1) Coeficiente de enchimento em energia das albufeiras.

(2) Inclui 2,4 GWh armazenados em Vale do Rossim no início do mês e 1,2 GWh no fim do mês.

(3) Inclui 2,7 GWh armazenados no açude do Poio no início do mês e 2,7 GWh no fim do mês.

(*) *Elementos extraídos das estatísticas mensais do Repartidor Nacional de Cargas (R. N. C.). As produções e os consumos das empresas do R. N. C. representam cerca de 94 % dos totais do País.*

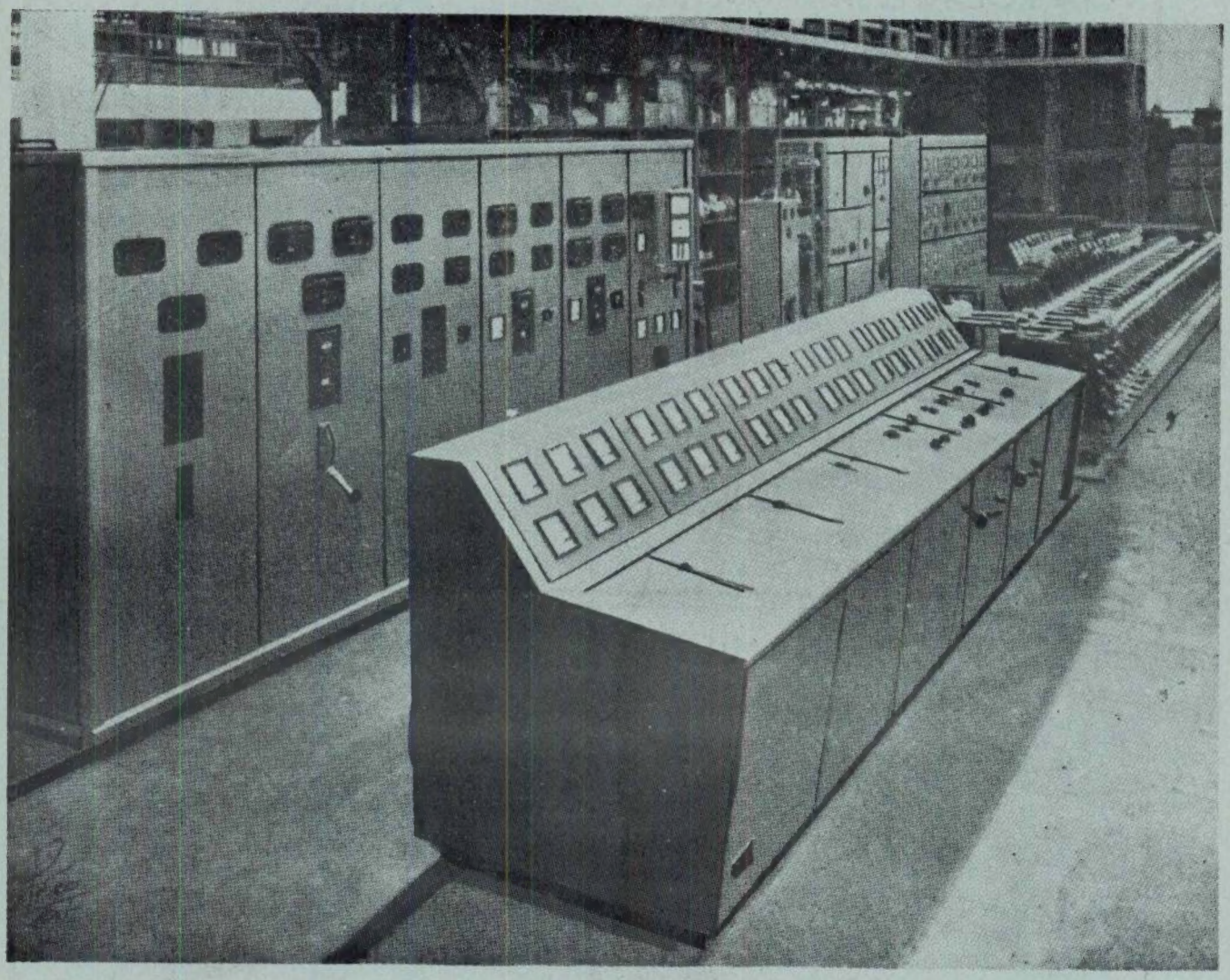
JAYME DA COSTA, L^DA

MECÂNICA E ELECTRICIDADE EM TODAS AS APLICAÇÕES

PORTO
Praça da Batalha, 12
Telef. 2 28 12 (PPC)

LISBOA
Rua dos Correeiros, 14
Telef. 32 70 35 (PPC)

LUANDA
Cx. Postal 5174
Telef. 4743



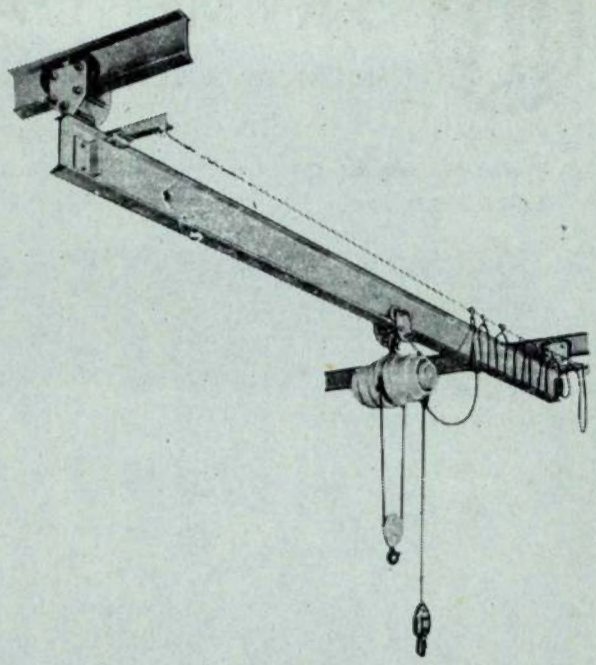
Material fabricado nas nossas oficinas, pronto para expedição

- Fabricação de aparelhagem eléctrica de alta e baixa tensão
- Equipamentos electromecânicos completos para centrais e fábricas
- Postos de transformação tipo monobloco
- Quadros blindados, capsulados e em armário
- Armaduras de iluminação de todos os tipos
- Contadores eléctricos e instrumentos de medida
- Telemedida e telecomando
- Instalações elevatórias de água
- Instalações de saneamento e esgotos
- Ferramentas de corte
- Motores Diesel industriais e marítimos
- Fogões eléctricos
- Frigoríficos
- Ventilação e condicionamento de ar
- Aparelhagem de Raios X e electromedicina

VERLINDE

VIGA ROLANTE ARTICULADA
CARGAS DE 500 A 2.000 KG.
VÃOS ATÉ 8 M.

SOLUÇÃO ECONÓMICA
PARA PROBLEMAS
DE MANUTENÇÃO



PEDIR DOCUMENTAÇÃO GER-69/2 AOS REPRESENTANTES EM PORTUGAL:

KENDAL, PINTO BASTO & C.ª, L.DA
RUA NOVA DE ALFÂNDEGA, 7-12
TELEFS. 28 421 (7 LINHAS)
PORTO

E. PINTO BASTO & C.ª, L.DA
AVENIDA 24 DE JULHO, 1
TELEFS. 36 15 81 (10 LINHAS)
LISBOA

ESCAVADORAS HIDRÁULICAS
S/RODAS — S/LAGARTAS

yumbo

— ENTREGAS IMEDIATAS

DISTRIBUIDOR EXCLUSIVO
GUEDES & ALMEIDA, LDA.
RUA ÁUREA, 181 - 2.° — TELEFONES 32 50 11 - 32 78 45 — LISBOA

C. D. U. 338.984

PLANIFICAÇÃO DE OBRAS

por J. S. BRAZÃO FARINHA
Eng.º civil (I. S. T.)

RESUMO

Apresenta-se o problema da planificação, para iniciação dos estudantes dos cursos de engenharia civil, de arquitectura, e de agente técnico de engenharia civil e de minas que participaram nas reuniões promovidas pela Secção Pedogógica da A. E. I. S. T. em Novembro e Dezembro de 1967.

Refere-se a necessidade do planeamento, e considera-se a planificação dos tempos, das cargas, dos custos, bem como dos gastos financeiros e dos materiais, através do diagrama de Gant e do diagrama Pert.

Aborda-se o problema do controlo na obra.

A exposição é acompanhada de exemplos.

SYNOPSIS

An introduction for students to the planning problems is presented in this article.

The need of planning is refered, and the planning of time, charges, prices as well as financial and material spendings is done, using the Gant and Pert diagrams. The problem of control in works is mentioned. The exposition is illustrated with examples.

Todo o empreendimento humano tem que ser organizado, isto é, separado, em pensamento, nas suas partes essenciais, e considerados os recursos necessários à sua integral realização. Sempre assim se acabou por proceder desde as mais remotas eras pre-históricas.

O homem paleolítico, a partir de determinado estado de desenvolvimento, planeava (*) cuidadosamente as suas caçadas, com uma fase preparatória, de treino, e uma acção estratégica adequada. De modo semelhante procedia o homem neolítico, na organização das suas actividades agrícolas. As pesquisas relacionadas com o planeamento agrícola cedo levaram à descoberta do calendário, isto é, à lei da sucessão dos dias e das estações do ano.

As guerras foram, e são, outros exemplos de empreendimentos humanos cujo êxito exigia prévia planificação e organização. E tanto assim era que o planificador da guerra procurava surpreender o inimigo antes que este fosse capaz de pôr em acção o seu planeamento de defesa.

Mas não são apenas as grandes realizações que necessitam de ser planificadas, todos nós temos que organizar as actividades particulares e colectivas em que tomamos parte. Por muito reduzida que seja a nossa acção há sempre que procurar prever o que devemos executar no dia seguinte, ou dentro dos próximos 15 dias, ou o que devemos começar daí a três meses, ou ainda temos que fazer previsões para períodos mais distantes.

Assim faz a dona de casa nas suas actividades domésticas, e assim procedem todos os que têm a seu cargo funções executivas de qualquer natureza. Para poder executar bem é necessário prever, planear, organizar. No trabalho em grupo há ainda que coordenar, controlar e animar (**).

1 — PLANIFICAÇÃO MENTAL. TIPOS DE PLANEAMENTO

Pode-se admitir em toda a planificação um estado primitivo em que o planeamento ou planejamento reside apenas na memória do executante ou do coordenador do trabalho.

Este sistema pode ser perfeitamente eficiente em actividades limitadas, que uma só pessoa pode dominar, e também para tarefas de rotina, em que a habituação já se criou. Noutras tarefas porém, mais complexas e descentralizadas, que dependem de relações com muitas pessoas, e que exigem a atenção simultânea para muitas questões,

(*) Como sinónimos podemos, indiferentemente, utilizar as palavras planear, planejar, planificar.

(**) A palavra «animar» é aqui utilizada como sinónimo de «comandar» uma equipa, trabalhando em conjunto com a vontade de encontrar as soluções mais adequadas.